

Н.С.МАМАЕВ

СПУТНИКОВОЕ ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ВЕЩАНИЕ

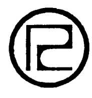
ИЗДАТЕЛЬСТВО «РАДИО и СВЯЗЬ»



Основана в 1947 году
Выпуск 1228

Н.С. МАМАЕВ

СПУТНИКОВОЕ ТЕЛЕВИЗИОННОЕ ВЕЩАНИЕ



Москва
«РАДИО и СВЯЗЬ»
1998

УДК 621.396.946(075)
ББК 32.948
М 22

Мамаев Н. С.
М 22 Спутниковое телевизионное вещание: Приемные устройства. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Радио и связь, 1998. — 152 с.: ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1228).
ISBN 5-256-01362-9.

Приведено описание профессиональных приемных установок спутникового телевидения и наиболее удачных радиолюбительских конструкций, рассчитанных на реализацию в домашних условиях. Первое издание вышло в 1995 г. Материал настоящего издания дополнен описанием устройств для приема сигналов от наземных ретрансляторов и распределения программ на кабельные сети до 16 абонентов.

Для подготовленных радиолюбителей.

ББК 32.948

Научно-популярное издание
Массовая радиобиблиотека
Мамаев Николай Степанович
Спутниковое телевизионное вещание
Редактор И. Н. Суслова
Компьютерная верстка Т.Ф. Ужастовой
Корректор Н.Л. Жукова

ИБ № 2785

Подписано в печать с оригинал-макета 18.09.98 г. Формат 60 × 90/16 Бумага офсетная
Гарнитура «Таймс» Печать офсетная Усл. печ. л 9,5 Усл. кр.-отт. 9,875 Уч. .-изд. л. 9,76
Тираж 5000 экз. Изд. № 24068 Зак. № 68 С-028
Издательство "Радио и связь", 101000, Москва, Почтамт, а/я 693
Типография Издательства "Радио и связь", 101000, Москва, Почтамт, а/я 693

ISBN 5-256-01362-9

ПРЕДИСЛОВИЕ

Спутниковое телевидение (СТВ) — это такое направление развития телевизионного вещания, которое позволяет на сравнительно недорогие и достаточно портативные установки принимать сигналы почти со всего мира. Эти установки благодаря их малым габаритным размерам легко транспортировать в случае переезда на новое место жительства.

Коллективные приемные станции в настоящее время, как правило, объединяются с системами кабельного телевидения, образуя удачный симбиоз спутникового и наземного телевидения (ТВ).

Для радиолюбителей прием сигналов со спутников является увлекательной возможностью научно-технического творчества. При соответствующем опыте и настойчивости радиолюбитель может самостоятельно выполнить такую установку дома, исключая лишь МШУ-конвертер.

Спутниковое телевидение открывает человеку весь мир, с его многообразием, полнотой и привлекательностью, предоставляя возможность ознакомиться со всей информацией по интересующему его вопросу. Кроме того, прием зарубежных ТВ программ позволяет абоненту самостоятельно изучать или совершенствовать свои знания в области наиболее распространенных иностранных языков.

Вместе с тем с 1994 г., когда автор работал над первым изданием, по настоящее время на радиорынке появилось новое поколение ресиверов (тюнеров), МШУ-конвертеров и других элементов приемной установки, предоставляющих абонентам ряд дополнительных сервисных функций. Появились в продаже ресиверы, позволяющие принимать программы цифрового телевидения в европейском стандарте MPEG-2, которые предоставляют пользователю возможность получать различную дополнительную информацию о мировых спортивных состязаниях и в ряде других областей, не выходя из офиса или дома.

Все большее применение находят в повседневной жизни населения интерактивные (двухсторонние) системы телевидения.

В настоящем издании эти вопросы изложены в разд. 2 и 9, приведены практические схемы совместного использования абонентами спутникового и наземного телевидения, а также примеры использования цифрового телевидения в спортивных состязаниях.

Автор выражает благодарность Б.В. Сарапулову за предоставленные материалы.

ВВЕДЕНИЕ

С выводом на орбиту вокруг Земли первых советских и американских спутников в конце 50-х — начале 60-х годов стало возможным внедрение в практику идеи, высказанной Артуром Кларком еще в 1945 г., об использовании искусственных спутников Земли для радиосвязи. В этом случае спутник используется как активный ретранслятор информации, передаваемой от одной земной станции к другой.

В 1965 г. с запуском спутников "Интелсат" и "Молния" была практически доказана эффективность функционирования межконтинентальной системы связи, по своим качественным параметрам не уступающей трансатлантическому кабелю.

В Советском Союзе с 1967 г. начала действовать общегосударственная система спутниковой связи из 20 приемных земных станций, обеспечившая передачу единой программы телевидения по всей территории страны.

В настоящее время телевидение широко применяется в различных производственных процессах, в освоении космоса и в народном образовании.

Многие читатели знают о полетах советских и американских аппаратов на Луну, Марс, Меркурий и другие планеты, исследование которых велось с помощью телевизионных систем.

С развитием средств радиоэлектроники и микросхемотехники стало возможным реализовать непосредственный прием сигналов со спутников на сравнительно простые и недорогие приемные установки.

В конце 80-х — начале 90-х годов в США, Японии и в европейских странах был выведен на орбиту целый ряд спутников для непосредственного приема телевизионных программ на коллективные и на индивидуальные приемные установки.

Первый запуск спутника TV-SAT (Германия) состоялся 27.11.1987 г., но из-за того, что не развернулась одна солнечная батарея, спутник практически не работал.

Второй запуск в августе 1989 г. был успешным, однако из-за неудачи первого запуска затраты на проект могли оправдаться, по расчетам экономистов, не ранее чем через 30 лет. Спутники ASTRA 1 и ASTRA 1B (Люксембург), выведенные на орбиту в декабре 1988 и в мае 1991 гг., уже в течение трех лет эксплуатации себя окупили. Эти спутники запускались консорциумом

частных и государственных банков ряда европейских стран при поддержке правительства Люксембурга.

Французские спутники TDF выводились на орбиту в октябре 1988 г. (запуск был неудачным) и в мае 1990 г., однако из-за неудачи первого запуска государство понесло потери около 750 млн. долларов.

В настоящее время на Европу, Ближний Восток, страны СНГ работает 18—20 спутников, передающих ТВ программы на индивидуальные и коллективные приемные установки.

Отличительной особенностью спутникового телевизионного вещания (СТВ) является возможность для телезрителя принимать интересующую его программу с любого спутника. При наземном ТВ зритель принимает программы лишь радиостанции, которая находится в его зоне радиовидимости, не превышающей, как правило, 100 км.

Спутниковое вещание — это передача радиовещательных программ (ТВ и звуковых) от передающих земных станций к приемным через космическую станцию — искусственный спутник Земли, который часто называют "активный ретранслятор". Под спутниковым вещанием понимают частный случай спутниковой связи, отличающийся передачей определенного класса односторонних сообщений, принимаемых одновременно большим числом земных станций.

В зависимости от типа земных станций и назначения системы различают следующие службы радиосвязи [1]:

фиксированная спутниковая служба — служба радиосвязи между земными станциями, расположенными в определенных (фиксированных) пунктах, при использовании одного или нескольких спутников;

радиовещательная спутниковая служба — служба радиосвязи, в которой сигналы космических станций предназначены для непосредственного приема населением. Непосредственным считается как индивидуальный, так и коллективный прием. В последнем случае телезрители принимают программу из кабельной сети от ТВ передатчиков-ретрансляторов.

Таким образом, радиовещательная спутниковая служба включает только системы, предназначенные для приема на сравнительно простые и недорогие приемные установки с качеством, достаточным для абонента. Фиксированной и вещательной службам выделены различные полосы частот и предъявляются разные требования по максимальной плотности потока мощности, создаваемой у поверхности Земли излучением космических станций. Напомним, что под плотностью потока мощности понимается излученная спутником мощность, и приходящаяся на 1 м^2 поверхности антенны земной станции, обычно она обозначается в децибелваттах на 1 м^2 (дБВт/м^2). В зависимости от размеров зоны обслуживания, содержания и

источников формирования передаваемой программы различают национальные (действующие в пределах одной страны) и региональные (действующие в пределах группы соседних стран) системы ТВ вещания.

Национальные системы спутникового вещания рассчитаны, как правило, на прием населением той страны, которая организует вещание. Для таких систем в первую очередь предназначен диапазон 11,7...12,5 ГГц. Региональные системы действуют главным образом в диапазоне 10,95...11,7 ГГц, в основном в рамках фиксированной спутниковой службы, допускающей подачу сигналов за пределы национальной территории.

Упомянутые службы для ретрансляции используют (кроме спутников "Молния", запускаемых на высокоэллиптическую орбиту) спутники, размещаемые на геостационарной орбите.

Геостационарная орбита спутника — это круговая, экваториальная орбита с периодом обращения 24 ч. Плоскость этой орбиты совпадает с экваториальной плоскостью Земли. При вращении спутника в направлении вращения Земли и размещении на высоте около 36 тыс. км для земного наблюдателя спутник будет казаться неподвижным.

Для связи спутники, находящиеся на геостационарной орбите, имеют ряд преимуществ:

связь может быть круглосуточной;

антеннам земных станций не требуются системы автоматического сопровождения спутника, а механизм привода антенны для перехода на прием сигналов другого спутника может быть достаточно простым;

за счет постоянства расстояния между спутником и земной станцией сигнал на трассе будет устойчивым;

практически отсутствует доплеровский сдвиг частоты.

Зона покрытия спутника на геостационарной орбите составляет около одной трети земной поверхности (за исключением областей, находящихся выше 75° северной и южной широт). Три спутника, размещенные на геостационарной орбите со сдвигом 120°, позволяют создавать глобальную систему спутниковой связи.

Зона покрытия — площадь на земной поверхности, очерченная контуром постоянной величины плотности потока мощности, которая должна обеспечить желаемое качество приема в отсутствие помех [1].

Следует иметь в виду, что на практике за счет влияния ряда возмущающих факторов (главным образом — влияния гравитационных полей Луны и Солнца) спутник, работающий на геостационарной орбите, будет смещаться по долготе и широте. Поэтому к современным спутникам предъявляют требование, чтобы неточность его положения на орбите составляла не более

±0,1 %. Для этого периодически производят коррекцию геостационарной орбиты спутника.

В соответствии с [1] на участке Космос — Земля для систем спутникового ТВ вещания (как фиксированной, так и радиовещательной) выделены следующие полосы частот: 620...790, 2500...2690 МГц, 10,7...11,7 и 11,7...12,5 ГГц.

Однако с учетом того, что полоса 620...790 МГц предназначена для систем наземного ТВ вещания, ее использование для СТВ должно быть согласовано с администрациями соседних стран. Использование диапазона 2500...2690 МГц для спутникового ТВ вещания ограничено национальными или региональными системами коллективного приема на таких же условиях.

В полосе частот 10,7...11,7 ГГц на участке Космос — Земля могут работать системы фиксированной спутниковой службы любой страны мира. Полоса 11,7...12,5 ГГц предоставлена радиовещательной службе для государств Европы, Африки, СНГ, а также Турции и Монголии. Полоса 11,7...12,5 ГГц разбита на 40 частотных каналов с разносом между несущими 19,18 МГц. Благодаря многократному использованию их по дуге геостационарной орбиты от 37° западной долготы (з.д.) до 170° восточной долготы (в.д.) удалось обеспечить общее число каналов, равное 984.

Для спутников стран СНГ выделено пять позиций на геостационарной орбите: 23, 44, 74, 110 и 140° в.д., а также 36 номиналов частот в полосе 11,7...12,5 ГГц. Достаточно большой разнос между спутниками по долготе, территориальное расстояние между зонами обслуживания, а также применение двух видов поляризаций (горизонтальной и вертикальной) позволили обеспечить общее число передаваемых одновременно программ равным 70 [2].

Одной из первых систем спутникового ТВ вещания была система "Экран", созданная в СССР в 1976 г. и работающая в диапазоне 0,7...0,8 ГГц (линия Космос — Земля).

Сигналы со спутника "Экран" принимаются на сеть сравнительно простых земных станций классов 1 и 2. Установки класса 1 предназначены для подачи ТВ сигнала с высоким качеством на местные телецентры и мощные ТВ ретрансляторы. Они укомплектованы антеннами типа "волновой канал" с 32 полотнами, каждое из которых имеет вибратор, рефлектор и 30 скрещенных директоров (для приема сигналов с круговой поляризацией), и приемным устройством, выполненным в виде стойки с габаритными размерами 340×700×390, масса стойки около 60 кг.

Установки класса 2 предназначены для подачи ТВ сигнала на маломощные телевизионные ретрансляторы или кабельную распределительную сеть. Они состоят из упрощенной антенны типа "волновой канал" с четырьмя полотнами и приемного устройства с габаритными размерами 165×240×440 мм, массой око-

ло 5 кг. В приемном устройстве спектр принятого сигнала из 52—54 каналов ДЦВ диапазона переносится в один из первых каналов метрового диапазона и преобразуется из частотно-модулированного (ЧМ) в амплитудно-модулированный (АМ) сигнал.

Площадь зоны обслуживания системой "Экран" охватывает районы Сибири, Крайнего Севера, частично Дальнего Востока и не распространяется на весь Дальний Восток, Камчатку, Чукотку и на Европейскую часть стран СНГ во избежание помех действующим станциям наземного ТВ вещания.

В приемной системе "Москва" (диапазон 4 ГГц), внедренной в 1979 г., за счет существенного уменьшения эквивалентной шумовой температуры удалось снизить мощность передатчика спутника и соответственно плотность потока мощности, создаваемую у поверхности Земли, и тем самым уменьшить до требуемых уровней помехи наземным радиорелейным линиям.

Система "Москва" может быть использована в любом районе стран СНГ без опасности создания помех наземным службам.

В конце 70-х годов для СТВ были выделены полосы 11,7...12,5 и 10,7...11,7 ГГц, в которых было разрешено создавать достаточно высокую плотность потока мощности у поверхности Земли. Достижения последнего десятилетия в области микроэлектроники и СВЧ техники позволили создать неохлаждаемые малошумящие усилители (МШУ) с шумовыми характеристиками, приближающимися к характеристикам охлаждаемых МШУ. Это позволило использовать антенны диаметром 0,9...2 м.

Такие приемные установки в конце 80-х — начале 90-х годов получили широкое распространение в Европе, США и Японии. За рубежом серийно выпускают МШУ конверторы с коэффициентом шума 0,7...1 дБ.

В настоящее время нет четкого разграничения в использовании частотных каналов для ФСС и СТВ. Более того, в странах американского континента (район II 0—140° з.д.) для СТВ используется преимущественно диапазон 4 ГГц, отведенный для ФСС: из общего числа на конец 1993 г. 443 частотных каналов в диапазоне 4 ГГц работает на СТВ 266, а в диапазоне 12 ГГц — передается лишь 77 каналов. В странах европейского района (район I 66 з.д. — 0—54° в.д.) и азиатского (район 183—53° в.д.) континентов в диапазоне 4 ГГц работает 158 каналов, а в диапазоне 12 ГГц — 258 каналов [16].

В районах I и II в диапазоне 4 ГГц чаще всего применяются коллективные приемные установки с диаметром зеркала антенны более 2,5 м. В книге основное внимание уделяется приемным установкам диапазона 12 ГГц.

1. СТАНДАРТЫ НАЗЕМНОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В СИСТЕМАХ СПУТНИКОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

Для черно-белого телевидения в разных странах мира используют десять стандартов, различающихся между собой числом строк (625 или 525), частотой полей (50...60 Гц), частотой строк (15 625 или 15 750 Гц), полосой частот видео- и радиоканала (включая сигналы звукового сопровождения), видом модуляции несущей звука (ЧМ или AM), разносом несущих частот видео- и звукового сигналов и некоторыми другими характеристиками. Следует иметь в виду, что видеосигнал передается в негативном или позитивном изображении.

По способу передачи сигналов цветности различают три системы совместимого с черно-белым изображением цветного телевидения: SECAM, NTSC и PAL.

В системе SECAM (применяется во Франции, в странах СНГ и странах Восточной Европы и Азии) каждый из двух цветоразностных сигналов модулирует по частоте цветовую поднесущую в смежных строках. Частоты поднесущих при отсутствии модуляции 4,4065 и 4,25 МГц, девиация поднесущей ±250 и ±230 кГц соответственно.

В системе NTSC (распространена в странах Американского континента и Японии) цветоразностные сигналы передаются методом квадратурной фазовой модуляции на поднесущей частоте $f_п$ = 3,579545 МГц, соответствующей половинному значению 455-й гармоники строчной частоты, т.е. $f_п = 455f_{стр}/2$.

В системе PAL (широко применяется в странах Центральной и Западной Европы, а также в КНДР, КНР и в некоторых странах азиатского континента) сигналы цветности так же, как и в системе NTSC, передаются с помощью квадратурной фазовой модуляции (ФМ), однако фаза поднесущей одного из модулированных сигналов поочередно от строки к строке изменяется на 180°. Частота поднесущей в зависимости от принятой разновидности стандарта может изменяться в пределах 3,5795...4,4336 МГц.

При квадратурной ФМ используют одну поднесущую на частоте 3,5795 МГц (NTSC) или 4,4336 МГц (PAL). Сигнал на поднесущей частоте с помощью фазовращающей цепочки разде-

ляется на две составляющие, сдвинутые друг относительно друга на 90°, что позволяет каждую из составляющих модулировать своим цветоразностным сигналом [13].

В последние годы в разных странах мира ведут интенсивные исследования возможностей передачи телевизионных сигналов в цифровом виде. Цифровые сигналы обладают большей помехозащищенностью от гладких шумов и менее чувствительны к неравномерности амплитудной и нелинейности фазовой характеристик приемопередающего тракта. Однако цифровые сигналы требуют значительного расширения полосы частот, занимаемой передаваемым сигналом, что практически нереально для СТВ, для которого отводится полоса 27 МГц.

Специалистами Великобритании разработан и предложен для реализации в первом поколении систем СТВ комбинированный цифроаналоговый метод передачи (стандарт МАС[1]), при котором сигналы яркости и цветности сжимаются во времени и передаются поочередно на периоде активной части строк. Сжатие аналоговых сигналов производится стробированием с некоторой тактовой частотой, накоплением их в буферной памяти, ускоренным считыванием с новой, более высокой тактовой частотой и обратным преобразованием в аналоговую форму [14].

Сигналы звукового сопровождения, данных и синхронизации передаются в предложенной системе в цифровом виде, при этом применяется помехозащищенное кодирование.

Сигналы МАС в меньшей степени подвержены перекрестным искажениям яркостных и цветоразностных компонент и менее чувствительны к шумовой помехе, особенно сигналы цветности.

В настоящее время предложено и реализовано шесть модификаций системы МАС применительно к разным стандартам видеосигнала (625 или 525 строк), отличающимся тактовыми частотами, числом тактовых интервалов, структурой уплотнения, опорными сигналами, параметрами преобразования сигналов яркости и цветности, а также методами кодирования и параметрами модуляции звука.

Принципиальной особенностью системы МАС является возможность передачи данных при пакетном или непрерывном методе передачи.

Объединение цифровых потоков видеосигнала, нескольких каналов звука (от 4 до 8), телетекстовой информации производится пакетным методом, для чего в начале каждой строки передается кодовое слово. Кадровая синхронизация и сведения

---

[1] MAC — Multiplexing Analogue Components (уплотнение аналоговых компонент).

о методе засекречивания, числе звуковых каналов вводятся в последнюю строку.

Видеосигналы передаются в 24...310 и 336...622 строках (в стандарте 625 строк). В остальные строки может быть введена телетекстовая информация.

В связи с широким распространением в Западной Европе, на американском континенте и в других странах систем кабельного телевидения был предложен стандарт D2-MAC/packet, который предназначен для передачи по существующей широкополосной сети кабельного телевидения. Передачи спутникового ТВ вещания в стандарте D2-MAC ведутся во Франции и Германии через свои вещательные спутники TV-SAT и TDF. В Англии принят стандарт D-MAC. В Скандинавских странах (Швеция, Норвегия) ведутся экспериментальные передачи в стандарте C-MAC через европейские спутники.

Качество изображения и звука в D2-MAC выше, чем при передаче аналоговых сигналов в PAL. В сочетании с защитой EUROCRYPT обеспечивается надежное закрытие платных программ от пиратства.

Декодер и специальная карточка обеспечивает возможность просмотра конкретной ТВ программы (или группы программ), кодируемой в стандарте EUROCRYPT. Карточка — это ключ для открывания программы на абонентской основе. По окончании абонентской платы ТВ канал закрывается до следующего платежа. Контроль доступа абонента к каналам производится программно, при этом команда на включение или отключение карточки приходит по спутниковому каналу вместе с картинкой персонально к каждому конкретному абоненту.

2. ОСОБЕННОСТИ И КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЦИФРОВОГО ТЕЛЕВИДЕНИЯ

В разд. 1 дано краткое описание различных модификаций стандарта MAC, который является цифоаналоговым методом передачи полного ТВ сигнала. По существу стандарт MAC является переходным к чисто цифровым методам передачи.

В настоящее время в США, Японии и Европе ведутся разработки по системам телевидения с повышенной четкостью и цифровым методам передачи ТВ сигналов. В США для цифрового ТВ компанией Scientific Atlanta разработан стандарт Digi Cypher. В Японии детально разработан новый стандарт качества на 1125 строк — MUSE (Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding — система кодирования с многократной субдискретизацией). В Европе объединенными усилиями Международной Организации

Стандартизации (ISO) и Международной Электротехнической Комиссии (IEC) были разработаны стандарты MPEG-1 и MPEG-2 (MPEG — Moving Picture Experts Group).

Стандарт MPEG-1 оптимизирован для скоростей передачи цифровых сигналов 1,5...8 Мбит/с, MPEG-2 — для скоростей 2...15 Мбит/с.

Оба стандарта рассчитаны для телевещания с развертками 525 строк, 30 кадров/с и 625 строк 25 кадров/с с форматами 4:3, 16:9. Стандарт MPEG-2 использует чересстрочную развертку, а MPEG-1 — построчную развертку, так как ориентирован на применение в персональных компьютерах и системах мультимедиа.

Известно [14], что для высококачественного цифрового телевидения необходимо обеспечить передачу по каналу потока со скоростью 216 Мбит/с. В стандарте MPEG-2 этот цифровой поток сжимается до 8...15 Мбит/с, что позволяет по спутниковому каналу с полосой 27/36 МГц передавать три-четыре ТВ программы повышенного, по сравнению с аналоговым ТВ, качества. Специалистам, работающим в области ТВ, хорошо известно, что в телевизионном изображении заложена определенная избыточность — это либо практически неподвижный фон, либо передний план.

Алгоритм MPEG-2 позволяет устранить эту избыточность с помощью межкадрового и внутрикадрового кодирования. При межкадровом кодировании через каждые 10—15 кадров видеоизображения выбираются опорные кадры (Intra-кадры), которые считаются основными и кодируются без обращения к другим кадрам. Остальные кадры анализируются микропроцессором системы, сравнивающим их с опорными кадрами и между собой и вырабатывающим сигналом различия на основе алгоритма предсказания с компенсацией движения. Эти кадры разделяются еще на два типа: Р-кадры (Predictive), закодированные на основе предыдущих кадров, и В-кадры (Bidirectionally predictive), закодированные на основе предыдущего и последующего кадров.

Организация всех трех типов кадров (I, Р и В) и их последовательности является достаточно гибкой, избыточность, заключенная в сигнале различия, устраняется с помощью дискретного косинусного преобразования (ДКП).

Внутрикадровое кодирование состоит в уменьшении пространственной избыточности в кадре и также производится с помощью ДКП.

Таким образом, сжатие видеосигнала в стандарте MPEG-2 основано на:

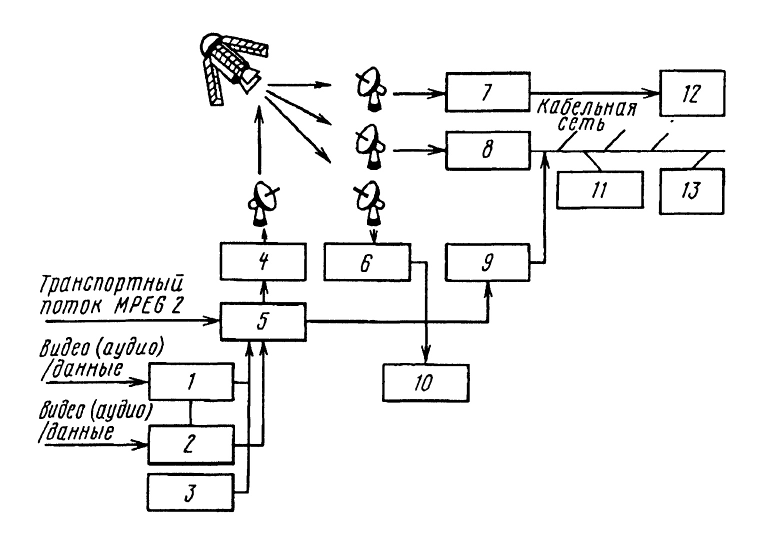


Рис. 1. Упрощенная структурная схема ЦТВ
1, *2* — кодер; *3* — системный контроллер; *4* — спутниковый модулятор QPSK; *5* — мультиплексор; *6* — цифровой декодер; *7* — бытовой интегрированный спутниковый декодер; *8* — преобразователь вида модуляции QPSK/QAM; *9* — модулятор QAM; *10* — профессиональные телестудии; *11* — бытовой интегрированный кабельный декодер; *12*, *13* — телевизоры

сложных алгоритмах предсказания;

применении дискретного косинусного преобразования для устранения избыточности.

В канале звукового сопровождения стандарта MPEG-2 кодирование и сжатие данных также производится по специально разработанным алгоритмам. Качество звука после восстановления в приемнике соответствует качеству компакт-дисков.

На рис. 1 представлена упрощенная структурная схема цифрового телевидения стандарта MPEG-2.

На вход одного из кодеров (1, 2) поступают видеоданные, на вход второго — данные от звукового (аудио) канала. Затем цифровые потоки подводятся к мультиплексору 5, куда также могут быть подведены другие цифровые данные (низкоскоростные от телекса и высокоскоростные еще от нескольких аудио каналов). Суммарный цифровой поток далее поступает на профессиональный спутниковый модулятор QPSK 4, в данном случае включающий передатчик, и далее — на антенну.

Приемные станции могут быть трех типов: профессиональные с цифровым декодером 6, с преобразователями вида моду-

ляции QPSK/QAM[1] 8, применяемыми в коллективных приемных установках, и бытовые 7 для индивидуальных приемных устройств. В первом типе станций сигнал после декодирования поступает в профессиональную студию 10, во втором — в кабельную сеть телевидения или в бытовой интегрированный кабельный декодер 11, выделяющий аудиоканалы и сигналы телекса, в третьем — на индивидуальный спутниковый ресивер-декодер и телеприемник 12. В кабельной сети видео- и аудио- сигналы далее распределяются индивидуальным потребителям 13.

Таким образом, в стандарте цифрового телевидения MPEG-2 реализованы возможности для передачи больших объемов информации и создания независимой сети распределения данных.

Отметим также, что после мультиплексора полученный единый транспортный поток данных защищается от ошибок с помощью кода Рида-Соломона и подвергается скремблированию с целью выполнения требований электромагнитной совместимости (ЭМС).

В индивидуальных установках сигналы со спутника поступают на специальный цифровой приемник, выход которого подсоединяется непосредственно к телевизору. Разработаны бытовые и профессиональные спутниковые декодеры, причем схема весьма универсальна и имеет большое количество выходов для сигналов разных форматов: пакеты MPEG-2, цифровое видео, аналоговое видео различных стандартов (NTSC, PAL, SECAM), аналоговое и цифровое аудио и др.

Профессиональные цифровые декодеры еще более универсальны, рассчитаны на применение в любых конфигурациях стандартов и сигналов.

В июне 1995 г. разработчики стандарта MPEG-2 совместно с компанией Scientific Atlanta провели испытания аппаратуры цифрового сжатия на российских спутниках "Горизонт".

Для оценки качества передачи динамических сюжетов проводилась субъективная оценка группой из семи экспертов, среди которых были представители телекомпании "6-й канал" Санкт-Петербурга и НИИ телевидения (г. Москва).

Эксперты пришли к заключению, что для получения вещательного качества сюжетов минимальная скорость кодированного цифрового потока составляет 8 Мбит/с; для этого достаточо арендовать на спутниках полосу шириной 9 МГц. Если в эксплуатируемых системах эта полоса составляет 27 МГц для

---

[1] QPSK (quadrature phase shift Keing) — квадратурная (четырехпозиционная) фазовая модуляция; QAM — квадратурная амплитудно-фазовая модуляция.

бытовых приемников и 36 МГц для профессиональных, то это значит, что при использовании стандарта MPEG-2 можно по существующим спутниковым каналам передавать три-четыре программы цифрового ТВ. Причем энергетический запас линии в среднем на 5 дБ больше, чем при аналоговом телевидении. Пороговым сигналом принимается такой, при котором коэффициент ошибок не превышал 0,000001 (10^{-6}).

Следует также отметить, что в системе MPEG-2 предусмотрена развитая схема защиты от несанкционированного доступа и возможности применения кодирования высокого уровня, исключающего пиратское использование программ.

Коротко преимущества стандарта MPEG-2 в СТВ можно сформулировать следующим образом:

1. Возможность аренды на спутнике узкой полосы частот 2...10 МГц при скоростях кодирования 1,5...15 МГц.

2. Передача кодированного сигнала без потери качества — минимальное отношение сигнал/шум в тракте ПЧ составляет 6 дБ.

3. Снижение требований к энергетическим характеристикам радиолинии спутник-ЗС, позволяющее уменьшить диаметр приемной антенны индивидуальной установки примерно в два раза.

В качестве примера применения цифрового телевидения в России можно привести букмекерскую контору г. Санкт-Петербург. В ней цифровое телевидение используется для приема программ в стандарте MPEG-2, передаваемых фирмой SIS Telesport. По нескольким ТВ каналам ведется прямая трансляция забегов собак и скачек лошадей с ипподромов [17].

Передается также большое количество телетекстов, содержащих коэффициенты выигрышей, номера и клички собак и лошадей, информация о результатах, местах проведения забегов и их расписание.

Предусмотрены также телетексты с информацией о результатах спортивных матчей (футбол, баскетбол и пр.), на которые также принимаются ставки. Звуковой комментарий забегов ведется на разных языках по нескольким аудиоканалам. Кроме того, через компьютеры с декодером MPEG-2 в букмекерских конторах может быть принята дополнительная информация, например, о достижениях и весе собак, особенностях лошадей, долгосрочное расписание бегов и др.

Фирма PACE (Англия) разработала и уже выпускает ресиверы на 400 (PACE DQT-400) и на 500 программ (DVR-500), предназначенных для индивидуального приема в Европе.

Представляя системы цифрового телевидения, необходимо также привести краткие сведения об интерактивных (двухсторонних системах ТВ).

Обратный канал от абонента к источнику информации может быть организован с кабельных, телефонных и сотовых сетей подвижной радиосвязи, а также через низколетящие искусственные спутники Земли.

В настоящее время у населения Земли имеется 565 млн. телефонов и более 1 млрд. ТВ приемников, а это означает, что образуя обратный канал через такие устройства, создается новое огромное информационное поле для населения. Обратный канал может быть образован и в кабельном телевидении, построенном по кольцевой двухкабельной структурной схеме (см. разд. 9).

При использовании радиосвязи для образования обратного канала в абонентский ТВ приемник вмонтируется цифровой узкополосный микрорадиопередатчик. Приемная ТВ антенна в этом случае используется в качестве излучателя для передачи через цифровой микропередатчик обратной информации как по выделенным ТВ радиоканалам, так и с помощью других систем (подвижной и сотовой сети, низколетящих спутников).

Эта информация далее принимается базовыми компьютерными центрами сбора, обработки и обобщения данных.

Естественно предположить, что обратный канал будет платным, а величина платы будет зависеть от объема и характера запрашиваемой информации.

Интерактивное телевидение предполагается широко использовать в области вещания, образования, медицине и ряде других применений.

3. ЕВРОПЕЙСКИЕ СПУТНИКИ, СИГНАЛЫ КОТОРЫХ ПРИНИМАЮТСЯ НА ТЕРРИТОРИИ СТРАН СНГ

Прежде чем приступить к созданию приемной установки, необходимо четко представить возможность приема спутниковых ТВ программ в соответствии с географическим районом расположения земной станции.

Спутник, работающий на геостационарной орбите, наибольшую дальность имеет при углах места 10° на долготе, соответствующей подспутниковой точке. Такие зоны покрытия могут быть лишь на широтах, не превышающих 70°. На широтах от 70 до 80° уверенный прием не обеспечивается, а ближе к полюсам становится невозможным.

Сказанное выше справедливо для равнинной местности. Для горных районов удовлетворительное качество сигналов может быть лишь при углах места не менее 30°, что соответствует широте 53°. Данные особенности спутников, работающих на

геостационарной орбите, следует иметь в виду при приобретении приемной установки.

Угол места образуется линией, соединяющей земную станцию со спутником, и касательной к поверхности Земли в этой точке.

В течение 1990—1992 гг. был выведен на орбиту ряд спутников, охватывающих телевизионным вещанием Европу, Ближний и Средний Восток, Азию, сигналы от которых могут приниматься и на территории стран СНГ. К ним в первую очередь можно отнести: ASTRA 1A и ASTRA 1B, EUTELSAT 2F1 и EUTELSAT 2F2, INTELSAT 601, INTELSAT 602 и др.

На конец 1993 г. в районах I (Европа, страны СНГ и Африка) и III (страны Азиатского континента, Австралия, Океания) на геостационарной орбите находился 61 спутник, обеспечивая работу 258 телевизионных и 174 радиовещательных каналов в диапазоне 12 ГГц. На территории стран СНГ, Монголии и Китая принимаются сигналы от спутников ASTRA-1A и ASTRA-1B, EUTELSAT 2F1, EUTELSAT 2F2, INTELSAT 601, 602, 702, TURKSAT-1B, SIRIUS, GORIZONT-22,27,24,28,19,25,14, PANAMSAT-4 и EXPRESS-2, работающих в диапазоне 4 ГГц. Более подробные данные об этих спутниках см. в приложении 4.

Спутники EUTELSAT 2F1 и EUTELSAT 2F2 имеют на борту по 16 ретрансляторов, каждый из которых может принимать и передавать ТВ программу и другие виды информации. Большинство ретрансляторов сдано в аренду европейским радиовещательным компаниям.

На спутниках установлены многорупорные антенны, которые формируют лучи сложной формы для того, чтобы обеспечить вещанием территории стран Западной и Центральной Европы.

Спутники ASTRA 1A и ASTRA 1B выведены на орбиту 19,2° в.д. соответственно в декабре 1988 г. и в марте 1991 г. консорциумом SES, созданным частными и государственными банками ряда европейских стран при поддержке правительства Люксембурга.

На борту каждого из спутников ASTRA 1A и ASTRA 1B имеется 16 одновременно работающих приемопередатчиков, распределенных поровну в четырех группах. Каждая группа имеет свою антенну, рассчитанную на разные зоны обслуживания и охватывающую всю Западную Европу. Прием программ с этих спутников возможен на Западе Украины, Белоруссии, в странах Прибалтики на антенну диаметром не менее 1,5 м. Частоты каналов спутника ASTRA 1B смещены вверх на 250 МГц. По данным измерений, плотность потока мощности от спутни-

ков ASTRA составляет во Львове — 119 дБВт, в Минске — 122 дБВт, в Москве — 126 дБВт.

Для телезрителей европейской части СНГ (в том числе и Москвы) наибольший интерес представляет восточный луч спутника INTELSAT 601, находящегося в точке 27,5° з.д., сигналы от него можно принимать на антенну диаметром 1,5...2 м.

На территории стран СНГ возможен также прием ТВ программ со спутников INTELSAT, размещенных в точках 1 и 60° в.д., которые на условиях аренды обслуживают Израиль, Турцию и Иран, на приемные антенны диаметром 2...3 м.

На рис. 2 показаны границы зон уверенного приема сигналов на территории стран СНГ [3].

Следует иметь в виду, что эти данные могут изменяться при запуске новых спутников.

В конце 1993 — начале 1994 гг. были выведены на орбиту два новых спутника EUTELSAT 2F3 (16° в.д.) и EUTELSAT 2F4 (7° в.д.) с 12 новыми каналами для СТВ, причем два из них —

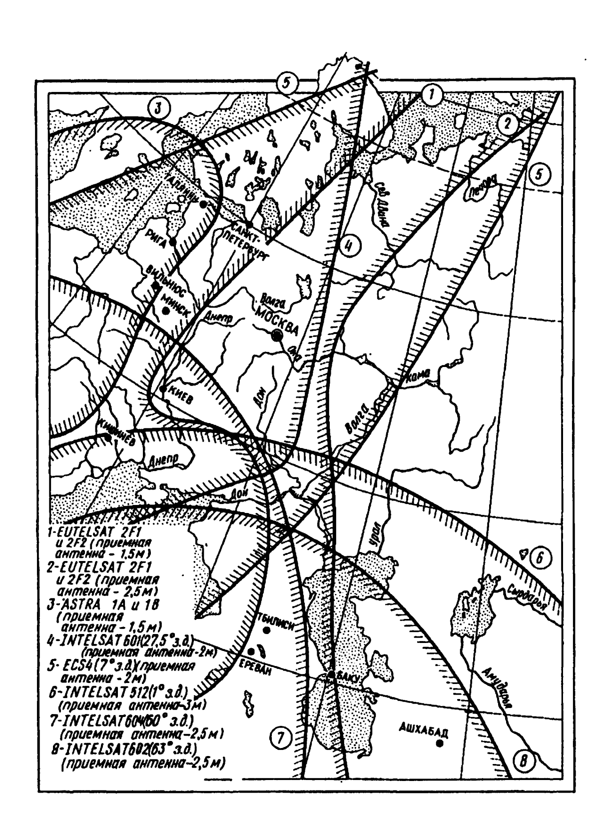


Рис. 2. Границы зон уверенного приема на территории стран СНГ

платные. Упомянутые спутники кроме передачи ТВ программ предназначены для сбора информации от наземных пунктов и навигации (особенно для местоопределения автотранспорта), а также для передачи речевых сигналов.

Методика и данные для предварительного ориентирования антенны на заданные спутники приведены в гл. 11 и в приложении 5.

Ассоциация "Интеркосмос", созданная в России НПО прикладной механики, Российским НИИ космического приборостроения, НПО "Радио" и ПО "Космическая связь", планирует в 1994—1996 гг. вывод спутников "Галс" на три ствола в диапазоне 18 ГГц (линия вверх) и 12 ГГц (линия вниз), "Галс-Р" на 4 ствола в том же диапазоне и спутника "Геликон" на 9—12 стволов. Указанные спутники предназначены для НТВ как на коллективные, так и на индивидуальные приемники.

Ширина диаграммы направленности передающих антенн спутников "Галс" и "Геликон" позволит охватить спутниковым ТВ вещанием практически всю территорию России.

Спутники GORIZONT по мере выхода их из строя планируется заменять на спутники EXPRESS-M, обладающие большим сроком службы (до семи лет), более стабильным положением на орбите.

4. РАСЧЕТ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РАДИОЛИНИИ СПУТНИК – ЗЕМНАЯ СТАНЦИЯ

Расчет уровня сигнала

Ослабление сигнала на линии радиосвязи спутник — земная станция условно можно разделить на две составляющие: в свободном пространстве и за счет прохождения радиоволн в тропосфере.

Потери сигнала при распространении в свободном пространстве зависят от частоты связи и протяженности радиолинии, и их можно рассчитать при изотропных (ненаправленных) антеннах по формуле

$$A_{св} = \left(\frac{4\pi Lf}{c}\right),$$

где L — длина пути радиосигнала от спутника до антенны земной станции; $c = 3 \cdot 10^{10}$ см/с — скорость распространения радиоволн; f — частота связи, Гц.

Это соотношение можно выразить в децибелах:

$$a_{св} = 10 \lg A_{св} = 22 + 20 \lg L - 20 \lg c/f.$$

При расчетах L и c надо обязательно выражать в одинаковых единицах (километрах, метрах, сантиметрах).

Мощность сигнала на входе приемника земной станции с учетом антенно-фидерных трактов, дБВт:

$$p_{пр} = 10 \lg P_{п} + g_{п} + g_{пр} - b_{п} - b_{пр} - a_{св},$$

где $P_{п}$ — мощность передатчика спутника, Вт; $b_{п}$, $b_{пр}$ — потери сигнала в фидерах передатчика и приемника земной станции, дБ; $g_{п}$, $g_{пр}$ — коэффициенты усиления антенн спутника и приемника, дБ.

Максимальное расстояние между спутником и земной станцией для геостационарной орбиты будет при угле места $\beta = 0°$, оно составит около 42 тыс. км:

$$L_{макс} = \sqrt{H(2R_{з} + H)},$$

где $R_{з} = 6400$ км — средний радиус Земли; H = 36 тыс. км — высота спутника над экватором.

Обычно технические параметры спутников (мощность передатчика и коэффициент усиления антенны) при расчетах не используются, а в справочной литературе публикуются данные об эквивалентной изотропно-излучаемой мощности (ЭИИМ), Вт:

$$ЭИИМ = P_{п}' G_{п},$$

где $P_{п}'$ — мощность, подводимая к антенне искусственного спутника Земли, имеющей коэффициент усиления $G_{п}$.

Термин "изотропно-излучаемая" означает, что антенна излучает одинаково равномерно во всех направлениях.

Эквивалентная изотропно излучаемая мощность выражается в ваттах (Вт) или децибел-ваттах (дБВт). Мощность в децибел-ваттах означает логарифм от ее значения в ваттах, умноженный на коэффициент 10.

Принято считать, что минимальное значение угла места земной станции в пределах всей зоны обслуживания спутника при работе на частоте 4 ГГц должно быть 5...7°, а при использовании частот выше 10 ГГц — не менее 10°.

Для спутника, работающего на геостационарной орбите, изменение L от минимального (36 тыс. км) до 41 тыс. км увеличивает затухание всего лишь на 1,3 дБ. В связи с этим наклонную дальность можно считать постоянной и равной примерно 40 тыс. км.

Вторая составляющая потерь сигнала в тропосфере является случайной, так как зависит не только от длины пути в этой среде и угла места, но и от поглощения сигнала в осадках. Чем выше частота связи, тем больше потери в осадках при заданной их интенсивности, которая, в свою очередь, является случайной. Строго говоря, потери сигнала имеют место во всей атмосфере (в том числе и в ионосфере), однако уровень этих потерь в ионосфере существенно ниже и их можно не учитывать при ориентировочных расчетах.

В тропосфере основные потери вызываются кислородом O_2, водяными парами H_2O и осадками в виде дождя, снега, гололеда.

Эквивалентная толщина атмосферы оценивается для кислорода $h_{O_2} = 5{,}3$ км, для водяного пара $h_{H_2O} = 2{,}1$ км.

На рис. 3 приведена зависимость поглощения радиоволны в спокойной атмосфере (без дождя) при различных углах места β. Данная составляющая потерь существует всегда, т.е. в 100 % времени.

Затухание в гидрометеорах зависит от интенсивности дождя, размеров зоны их выпадения и распределения интенсивности по зоне. Наибольшее ослабление вызывается дождями, мокрым снегом, меньшее — градом, сухим снегом.

Усредненные и рекомендованные Международным консультативным комитетом по радио (ММКР) значения коэффициента поглощения в дожде при различной интенсивности ε, мм/ч, приведены на рис. 4.

Длина пути сигнала в дожде $l_д = (h_д - h_з) \operatorname{cosec} \beta$, где $h_д$ — усредненная эквивалентная толщина дождевой зоны, которую можно принять равной 2 км, $h_з$ — высота земной станции над уровнем моря.

Дополнительное затухание за счет дождя $a_д = l_д \alpha'_д$.

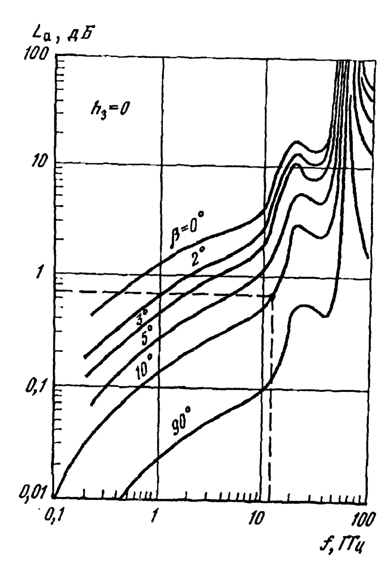


Рис. 3. Зависимость поглощения сигнала в спокойной атмосфере от частоты

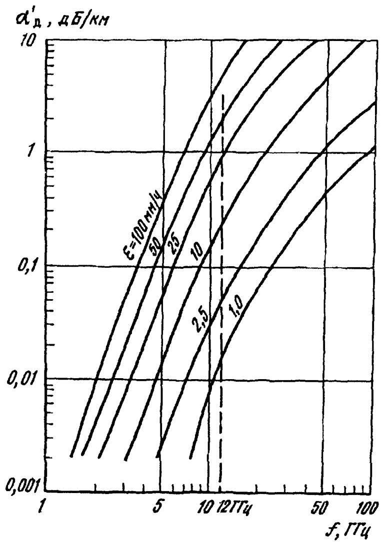


Рис. 4. Зависимость коэффициента поглощения сигнала в дожде от частоты

Условная карта районирования территории стран СНГ по интенсивности дождей приведена на рис. 5, на рис. 6,*а*,*б* и 7,*а*,*б* даны статистические распределения среднеминутных значений интенсивности дождей в различных климатических районах.

Данные по статистическому поглощению для европейских климатических районов стран СНГ (районы 1—5) при вероятности дождей $T_д$ = 1, 0,1 и 0,01 % приведены на рис. 8—10 в виде зависимости затухания в дожде ($L_д$, дБ) от частоты и угла места β антенны земной станции.

Поглощение в тумане, как правило, на порядок меньше, чем при дожде, и при ориентировочных расчетах может не учитываться. Мокрый снег в виде крупных хлопьев, выпадающих на антенну, может вызвать поглощение на 4...6 дБ большее, чем при дожде, однако вероятность такого явления невелика.

На частоте 12 ГГц рефракция в тропосфере при углах места 10° для антенны диаметром 3 м становится соизмеримой с шириной главного лепестка диаграммы направленности. В этом случае, возможно, потребуется корректировка направления антенны по максимальному значению принимаемого сигнала. Очевидно, что с увеличением угла места уменьшаются длина пути сигнала в тропосфере и влияние рефракции.

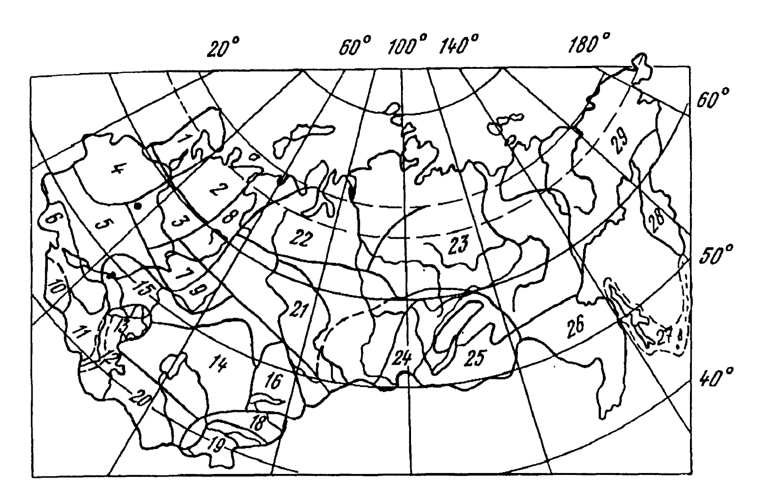


Рис. 5. Карта районирования территории стран СНГ по интенсивности дождей

При настройке антенн на соответствующие спутники следует иметь в виду возможные потери из-за несогласованности поляризаций антенн.

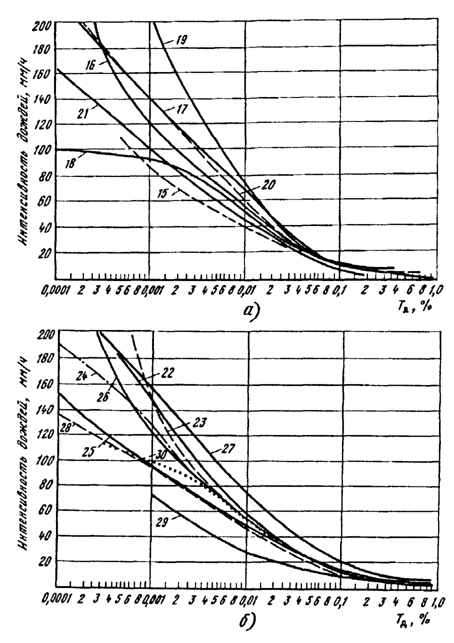


Рис. 6. Статические распределения среднеминутных значений интенсивности дождей:
а — Средняя Азия и Казахстан; *б* — Сибирь и Дальний Восток

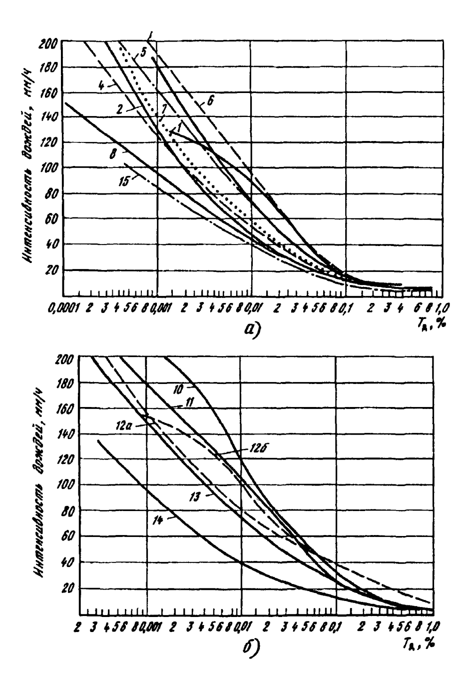


Рис. 7. Статические распределения среднеминутных значений интенсивности дождей:
а — европейская территория стран СНГ; *б* — Кавказ

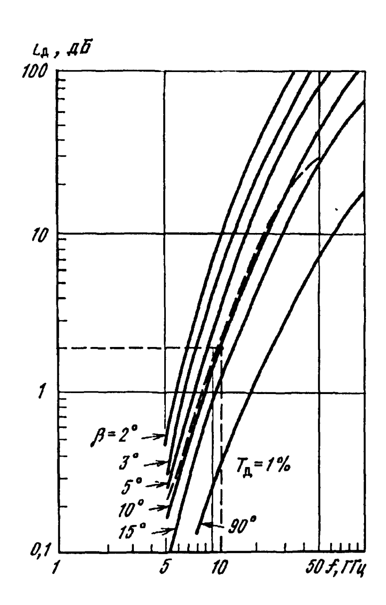


Рис. 8. Поглощение сигнала при вероятности дождя 1%

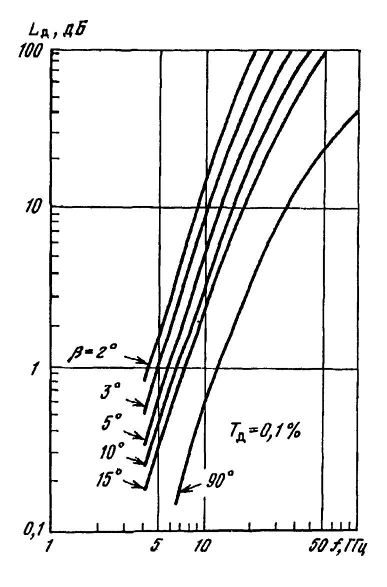


Рис. 9. Поглощение сигнала при вероятности дождя 0,1 %

Сигналы, излучаемые со спутников, могут иметь круговую поляризацию (правого и левого вращения) и линейную. При приеме сигналов с круговой поляризацией на антенну с линейной поляризацией эти потери могут достигать 2...2,5 дБ, в то время как при согласовании поляризаций антенн потери, как правило, не превышают 0,2...0,3 дБ. Для передачи сигналов СТВ на частотах более 10 ГГц в настоящее время чаще всего применяют линейную поляризацию — горизонтальную или вертикальную.

Общий энергетический запас на влияние атмосферы и дождей в полосе 11...12 ГГц составляет около 3 дБ.

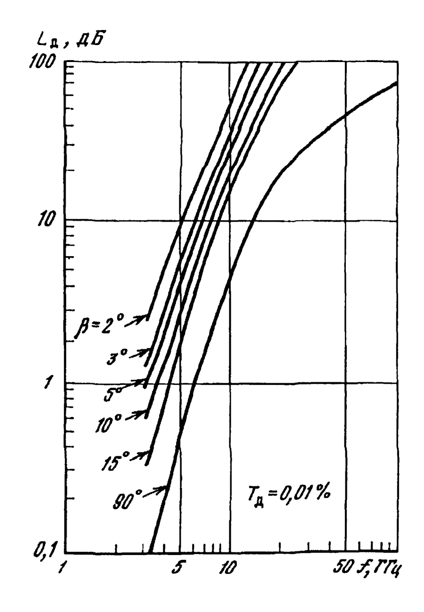


Рис. 10. Поглощение сигнала при вероятности дождя 0,01 %

Расчет шумов приемной установки

Для качественного приема сигналов СТВ необходимо на входе приемника обеспечить отношение сигнал/шум не менее 12 дБ, и поэтому, не имея возможности использовать антенну более 1,5...2 м, следует стремиться обеспечить суммарный коэффициент шума приемной установки возможно меньше.

В суммарную мощность шумов, пересчитанную к входу приемника, входят следующие составляющие:

собственные шумы приемника, мощность которых пропорциональна эквивалентной шумовой полосе до демодулятора;

шумы антенны, наводимые в ней Землей и атмосферой, Солнцем, наиболее мощными звездами и некоторыми планетами Солнечной системы;

шумы антенно-фидерного тракта.

Шумовые свойства приемных устройств земных станций чаще всего принято оценивать эквивалентной шумовой температурой $T_{пр}$, которая пересчитывается через коэффициент шума по формуле

$$T_{пр} = (n_ш - 1)T_0,$$

где $n_ш$ — коэффициент шума, единиц или $10\lg n_ш$, дБ; T_0 = 290 К — абсолютная температура среды, окружающей приемник.

Суммарная эквивалентная температура приемной установки земной станции, состоящей из антенны, фидерного тракта и самого приемника, приведенная ко входу:

$$T_{\Sigma\, зс} = T_A \eta_ф + T_0 (1 - \eta_ф) + T_{пр},$$

где T_A — эквивалентная шумовая температура антенны; $T_{пр}$ — эквивалентная шумовая температура приемника, определяемая его собственными шумами; $\eta_ф$ — коэффициент передачи или КПД фидерного тракта.

Эквивалентная шумовая температура антенны определяется следующими составляющими:

$$T_A = T_к + T_а + T_з + T_п + T_{об},$$

где $T_к$ — шумы космического происхождения (распределенные галактические шумы, шумы некоторых звезд — Кассиопеи-А, Лебедя-А, шумы Солнца, Луны и некоторых планет Солнечной системы); $T_а$ — излучение атмосферы с учетом гидрометеоров (дождей); $T_з$ — излучение земной поверхности, принимаемое боковыми лепестками диаграммы направленности антенны; $T_п$ — собственные шумы антенны за счет потерь энергии в ее элементах; $T_{об}$ — шумы за счет обтекателя антенны, защищающего ее от атмосферных осадков.

Обычно в приемных установках спутникового ТВ вещания обтекатели не используются, и поэтому $T_{об}$ = 0.

Потери в зеркальных металлических антеннах сравнительно невелики, а $T_п$ не превышает долей градуса Кельвина, и поэтому можно принять $T_п$ = 0 К.

Составляющие шума $T_к$ и $T_а$ зависят от угла места антенны земной станции и от частоты связи: на частотах выше 6 ГГц составляющей $T_к$ можно пренебречь, в то время как шумы Солнца могут на несколько порядков превышать средний уровень атмосферных помех. Поэтому если антенна земной станции ориентирована на Солнце (при совпадении линии связи через спутник с направлением на Солнце), то прием сигналов невозможен. В профессиональных системах связи при автоматическом наведении антенн такие направления обычно исключаются.

Шумы, вносимые спокойной атмосферой, можно для заданной частоты связи определить по кривым 1—6 (рис. 11).

Шумовое радиоизлучение земной атмосферы имеет тепловой характер и статистически связано с поглощением сигналов в атмосфере, а закономерность их излучения такая же: чем выше частота связи и длина пути сигнала в тропосфере при заданной интенсивности дождя, тем большая доля шумов вносится атмосферой.

На рис. 12 приведены кривые шумовой температуры атмосферы для вероятности выпадения дождя $T_д$ = 0,1 и 1 % (чем больше интенсивность дождя, тем меньше вероятности его наблюдения). Из рис. 12 видно, что для частоты f = 12 ГГц, углах места β = 10° и вероятности дождя $T_д$ = 1 % шумовая температура атмосферы около 120 К.

Излучение Земли воспринимается антенной земной станции боковыми лепестками и в зависимости от конструкции и качества выполнения антенны пересчитывается с коэффициентом S = 0,2...0,3, учитывающим это. Таким образом, шумы антенны земной станции равны $T_a + ST_0$. Мощность шумов, пересчитанная к входу приемника,

$$P_{ш\,\Sigma} = kT_{\Sigma зс}\,П_{ш},$$

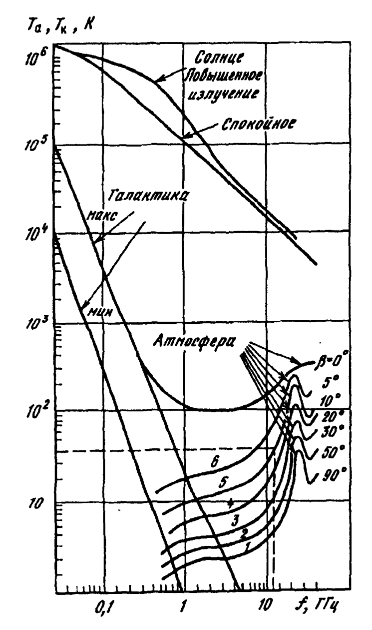


Рис. 11. Зависимость шумовой температуры Галактики, Солнца и атмосферы Земли от частоты

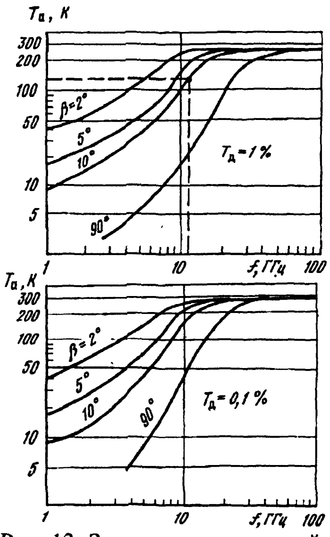


Рис. 12. Зависимость шумовой температуры атмосферы от частоты при вероятности дождей 1 и 0,1 %

где $k = 1{,}38 \cdot 10^{-23}$ — постоянная Больцмана, Вт/Гц К; $T_{\Sigma зс}$ — суммарная шумовая температура приемной установки, К; $П_ш$ — шумовая полоса приемника, Гц, для спутникового ТВ вещания; $П_ш = 27$ МГц.

Для уверенного приема необходимо, чтобы отношение сигнал/шум было не менее 12 дБ. В приведенных выше соотношениях предполагается, что приемная антенна земной станции точно наведена на спутник.

Из предыдущего ясно, что необходимое отношение сигнал/шум можно получить, добиваясь минимальной шумовой температуры приемника земной станции. Это достигается применением малошумящих усилителей на входе приемника, конструктивно совмещенных с облучателем антенны.

5. ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ ЗЕМНЫХ СТАНЦИЙ ДЛЯ СПУТНИКОВОГО ТЕЛЕВИЗИОННОГО ВЕЩАНИЯ

Приемные устройства для приема сигналов СТВ могут быть коллективными и индивидуальными. В первом случае они проектируются с таким расчетом, чтобы обеспечить прием сигналов со спутников для достаточно большой группы пользователей (многоквартирный дом, небольшой поселок и т.п.). Распределение программы в пределах дома производится по кабелю, а в пределах поселка — с помощью маломощного ретранслятора метрового диапазона. Технические требования к такой приемной установке по чувствительности приемника, коэффициенту усиления антенн и другим параметрам более высокие, например размеры параболических антенн могут достигать 2,5...4 м. Кроме того, в коллективных станциях обычно предусматривается одновременный прием сигналов двух ортогональных поляризаций (две программы). В этом случае между антенной и фидером включаются поляризатор, разделяющий сигналы по поляризации, и два конвертера на разные программы.

В состав оборудования для коллективного приема входят также широкополосные делители мощности для подключения канальных блоков и устройства распределительной сети.

При проектировании индивидуальной установки можно ограничиться антеннами с параболическим рефлектором диаметром 0,9...2,5 м. При этом, очевидно, что чем больше диаметр отражателя антенны, тем более высокое качество сигнала можно получить, и обеспечить прием сигналов при максимальной наклонной дальности до 40 тыс. км.

Структурная схема приемной установки (рис. 13) функционально разделяется на два блока: наружный, располагающийся вблизи антенны, и внутренний, размещаемый в помещении.

Наружный блок включает следующие элементы: поляризатор, малошумящий усилитель МШУ, преобразователь частоты вниз, предварительный усилитель первой промежуточной частоты УПЧ1 и гетеродин G1.

Выбор значения ПЧ1 определяется конкретными условиями: наличием комплектующих элементов или узлов для создания УПЧ1, имеющимся типом кабеля, которым сигнал ПЧ1 подается на внутренний блок, необходимостью эффективного подавления помехи по зеркальному каналу и некоторыми другими факторами.

Для индивидуальных приемных установок применяют по крайней мере три варианта построения структурных схем.

Первый вариант включает два преобразования частоты: в конвертере сигнал из полосы частот 10,95...12,5 ГГц преобразуется в полосу 0,95...2,05 ГГц, усиливается в УПЧ1 и далее коаксиальным кабелем подается во внутренний блок, где с помощью второго преобразователя сигнал СТВ преобразуется в ПЧ2, выбираемую в пределах 480...612 МГц. Дальнейшая обработка сигнала происходит на этой частоте.

Второй вариант структурной схемы отличается выбором более низких значений ПЧ2 (в пределах 70...230 МГц).

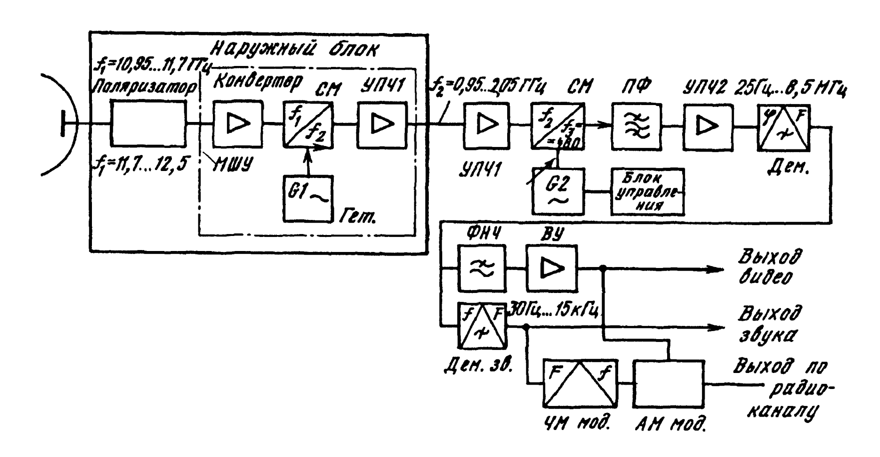


Рис. 13. Структурная схема приемной установки спутникового ТВ вещания

И наконец, в третьей разновидности схем сигнал ПЧ2 транспонируется в ПЧ3, которая выбирается в пределах 35...70 Мгц.

Первая схема в настоящее время имеет широкое распространение в серийно выпускаемых за рубежом приемных установках, причем в большинстве европейских стран значение ПЧ2 равно 480 МГц, в США — 612 МГц.

Вариант структурной схемы с ПЧ2 в пределах 70...230 МГц из-за доступности комплектующих изделий и простоты настройки широко применялся в более ранних конструкциях приемных установок. Однако следует иметь в виду, что в этой схеме зеркальный канал приема второго преобразователя оказывается в полосе ПЧ1 и для подавления его необходимо применять перестраиваемый фильтр на входе внутреннего блока.

В схеме с тремя преобразованиями частоты, когда ПЧ3 выбирается в пределах 35...70 МГц, имеется возможность использовать принципиальные схемы и модули, применяемые в радиорелейном оборудовании наземных сетей связи и земных станциях спутниковых систем связи.

Общим принципом для рассмотренных трех вариантов структурных схем является разделение схемы на два блока (наружный и внутренний), соединяемых между собой коаксиальным кабелем длиной до 40 м.

Наиболее сложным для реализации в радиолюбительских конструкциях является наружный блок. Это объясняется высокими требованиями к шумовой температуре всей приемной установки и суровыми климатическими условиями эксплуатации наружного блока. Суммарная шумовая температура $T_{\Sigma зс}$ не должна превышать 75 К, все технические параметры должны сохраняться при перепаде температуры окружающей среды от — 40 до +50° С, а также при воздействии дождя, снега, гололеда, тумана и т.п.

Выбор ТВ программы и вида поляризации, а также ориентация антенны на соответствующий спутник осуществляется дистанционно из помещения, где расположен внутренний блок (ресивер) и ТВ приемник.

В соответствии со структурной схемой (рис. 13) сигнал, принятый антенной земной станции в полосе частот 10,95...11,7 или 11,7...12,5 ГГц, проходит через блок выбора поляризации и далее поступает в конвертер, состоящий из малошумящего усилителя, фильтра, первого преобразователя частоты и УПЧ1. Далее сигнал ПЧ1 в полосе 0,95...1,75 ГГц подается на вход внутреннего блока.

Во внутреннем блоке сигнал дополнительно усиливается на частоте ПЧ1 и преобразуется в ПЧ2, усиливается на ней и демодулируется. На выходе частотного демодулятора выделяются видеосигнал и ЧМ сигнал звукового сопровождения. Последний подается на частотный демодулятор звука.

Видео- и звуковые сигналы с выходов демодуляторов могут быть поданы на видеомагнитофон или специальные входы телевизора (если они имеются), а также на вход модуляторов ЧМ и АМ сигналов для формирования программы чаще всего в полосе каналов 1—12 наземного ТВ вещания.

При передаче аналоговых сигналов по спутниковому каналу для повышения помехозащищенности и выполнения требований электромагнитной совместимости на входе частотного модулятора вводятся предыскажения и сигналы дисперсии.

В приемной установке восстановление предыскажений и подавление сигналов дисперсии происходят после частотного демодулятора.

Предыскажения позволяют оптимально согласовывать амплитудно-частотную характеристику видеоусилителя с восприимчивостью видеосигнала зрением среднего наблюдателя. Визометрический коэффициент, выражающий выигрыш от введения предыскажений на передаче и восстановления частотной характеристики видеосигнала на приемной стороне, оценивается в пределах 16...18 дБ.

Введение сигналов дисперсии позволяет рассеивать энергию сосредоточенных компонент энергетического спектра в достаточно большой полосе частот.

Дискретные составляющие в спектрах сигналов возникают как при малых индексах частотной модуляции и при отсутствии модулирующего напряжения, так и в случае передачи ТВ сигналов с постоянной яркостью.

Канал звукового сопровождения в зависимости от ТВ стандарта и принадлежности спутника формируется на поднесущей частоте, которая может изменяться в пределах 5...9 МГц. В этой связи в тракте звукового сопровождения предусматривается возможность настройки на соответствующую поднесущую звука, а частотный демодулятор звука должен обеспечивать неискаженное детектирование ЧМ сигналов при изменении девиации частоты поднесущей в пределах 50...150 кГц.

Выбор необходимой программы производится с помощью блока управления, который перестраивает второй гетеродин на частоту принимаемого сигнала.

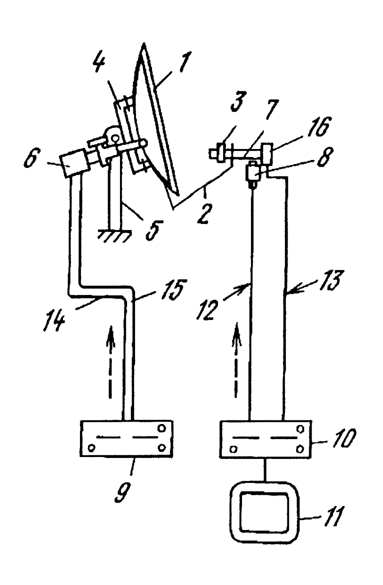


Рис. 14. Функциональная схема приемной установки спутникового ТВ вещания:
1 — рефлектор; *2* — конструкция для крепления облучателя;
3 — облучатель; *4* — поворотная конструкция для подвески; *5* — опорная конструкция; *6* — приводной механизм для дистанционного управления положением рефлектора; *7* — переключаемый поляризатор; *8* — малошумящий конвертер; *9* — позиционер;
10 — спутниковый приемник;
11 — телевизор; *12* — соединительный высокочастотный кабель; *13* — кабель для подачи управляющих сигналов на привод поляризатора; *14* — кабель сигналов управления приводом антенны; *15* — кабель, соединяющий позиционер с датчиком угла поворота антенны; *16* — привод поляризатора

Функциональная схема оборудования наружного и внутреннего блоков, включая ТВ приемник и позиционер представлена на рис. 14.

Позиционер позволяет дистанционно управлять лучом антенны, ориентируя его на соответствующий спутник, в памяти его может храниться до 30 позиций спутника.

6. АНТЕННО-ФИДЕРНЫЕ УСТРОЙСТВА ЗЕМНЫХ СТАНЦИЙ

Для предварительной оценки возможностей приема сигналов СТВ необходимо знать азимут, угол места и географические координаты приемной земной станции, а также место размещения интересующего радиолюбителя спутника, находящегося на геостационарной орбите.

Направление луча антенны земной станции определяется азимутом, отсчитываемым от направления на север по часовой стрелке, и углом места или углом возвышения. Следует помнить, что при определении долготы с помощью компаса необходимо вводить поправку, связанную с магнитным склонением.

Методика расчета азимута и углов места по известным географическим координатам земной станции и спутника приведена в гл. 11.

Место установки антенны должно быть согласовано с местными службами, отвечающими за выполнение строительных норм и условий безопасности.

Антенна предназначена для преобразования электромагнитных волн, принимаемых ею со спутника, в высокочастотный сигнал, канализируемый далее фидером ко входу приемника.

Антенна характеризуется следующими основными параметрами: коэффициентом усиления, диаграммой направленности, уровнем боковых лепестков и входным сопротивлением.

При определении коэффициента усиления обычно данную антенну сравнивают с эталонной, в качестве которой чаще всего принимают ненаправленную (изотропную) антенну. Все антенны обладают свойством обратимости, т.е. любая передающая антенна может быть использована как приемная и наоборот.

Коэффициент усиления данной антенны есть величина, показывающая, во сколько раз нужно увеличить мощность, подводимую к ненаправленной антенне, для того чтобы напряженность поля, создаваемая этими антеннами на расстоянии L, км, была одинаковой. Иными словами, коэффициент усиления антенны характеризует степень концентрации энергии в заданном направлении для передающей антенны или степень фокусировки собранной электромагнитной энергии рефлектором приемной антенны.

Коэффициент усиления зеркальной параболической антенны:

$$G = \left(\frac{\pi D}{c / f}\right)^2 K_{ип},$$

где D — диаметр апертуры (раскрыва) антенны; $K_{ип}$ — коэффициент использования поверхности зеркала антенны.

На рис. 15 приведены основные параметры параболического рефлектора: диаметр апертуры D, угол раскрыва апертуры 2θ, фокусное расстояние F, глубина рефлектора B. Точка A — фокус параболы, где размещается контррефлектор (облучатель).

Иногда для оценки антенн используют параметр F/D, т.е. отношение фокусного расстояния к диаметру. Для параболических антенн F/D = 0,4...0,67.

В лучших антеннах $K_{ип}$ достигает 0,6...0,65. Значение $K_{ип}$ зависит от способа облучения рефлектора: при равномерном облучении $K_{ип}$ будет максимальным, однако при этом заметно увеличивается уровень боковых лепестков, достигая значений —(14...16) дБ. При уменьшении облучения к краям зеркала уровень боковых лепестков уменьшается, но при этом снижается

$К_{ип}$. Если угловая апертура рефлектора 2θ несколько больше ширины луча контррефлектора (на 7...8 %), то уровень боковых лепестков снижается до —20 дБ при $К_{ип}$ = 0,65. На рис. 16,*а* приведены зависимости электрических параметров параболической антенны от диаметра рефлектора — коэффициента усиления (g, дБ), угла раскрыва диаграммы направленности по половинной мощности (Δφ°) при различных $К_{ип}$. Антенна является наиболее сложным элементом приемной установки СТВ, и от качества ее изготовления зависят ее технические характеристики — коэффициент усиления, уровень боковых лепестков, определяющие качество принимаемого сигнала.

Наибольшее распространение имеют однозеркальные осесимметричные антенны, позволяющие получать достаточно низкий уровень боковых лепестков диаграммы направленности, хорошее согласование с фидером и шумовую температуру не выше 80 К при углах места более 10°. При диаметре более 1,5 м у осесимметричных антенн рефлектор выполняется разборным.

Переход от приема сигналов с вертикальной поляризацией к горизонтальной производится поляризаторами механического или магнитного типа.

В настоящее время широко распространены механические поляризаторы. В них выбор поляризации производится поворотом электрического вибратора, расположенного в отрезке волновода и выполненного в виде штыря (рис. 16,*б*). При дистанционном управлении это достигается с помощью специального привода поляризатора (см. рис. 14).

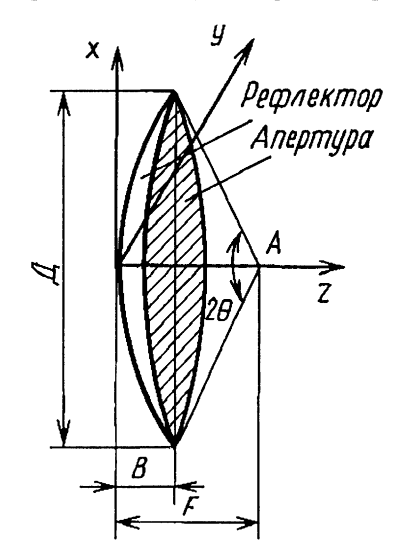


Рис. 15. Параболический рефлектор антенны:
Д — диаметр апертуры;
2θ — угол раскрыва апертуры;
А — фокус зеркала;
F — фокусное расстояние;
В — глубина рефлектора

В магнитных поляризаторах поворот плоскости поляризации производится изменением тока в катушке, намотанной вокруг ферритового стержня (рис. 16,*в*). При распространении волны вдоль намагниченного феррита направление ее поляризации изменяется на угол, зависящий от длины стержня и тока в катушке.

При тщательной настройке оба типа поляризаторов позволяют получать развязку до 25...28 дБ, при этом затухание, вносимое поляризаторами, в полосе частот 10,7...12,5 ГГц не превышает 0,2...0,4 дБ.

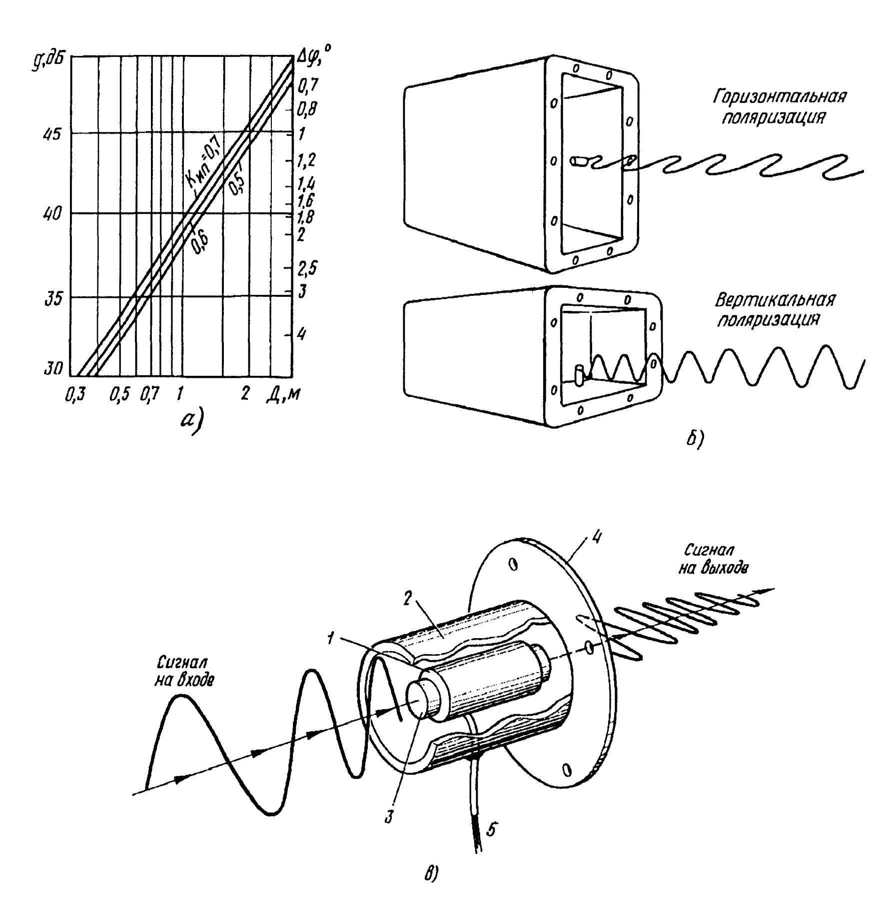


Рис. 16. Зависимость электрических параметров антенны от диаметра на частоте 11,3 ГГц (*а*) и принцип работы электронного (*б*) и ферритового (*в*) поляризаторов:
1 — обмотка; *2* — волновод; *3* — ферритовый стержень; *4* — фланец; *5* — питание

Опыт эксплуатации магнитных поляризаторов в фирме "Телесет" показал, что их амплитудно-частотная характеристика имеет точки повышенного на 1,5...2 дБ затухания, что вызывает ухудшение качества приема в некоторых частотных каналах.

Некоторые американские фирмы (например, Echostar) для систем с линейной поляризацией начали выпускать поляризаторы с двумя электрическими вибраторами в виде штырей, расположенными в круглой части волновода облучателя. Вибраторы смещены по отношению друг к другу по оси волновода и на 90° по окружности. К прямоугольному волноводу с помощью pin-диодов подключается либо один, либо другой вибратор. При этом на вход приемника поступает высокочастотный сигнал с горизонтальной или вертикальной поляризацией.

Для приема сигналов в соответствующей поляризации по центральной жиле коаксиального кабеля на pin-диоды подводится напряжение 13 или 18 В.

Прямые потери таких поляризаторов близки к нулю, а кроссполяризационная развязка обеспечивается в пределах 25...28 дБ.

Несмотря на простоту конструкции, симметричная параболическая антенна имеет два серьезных недостатка. Первый — это затенение части поверхности рефлектора облучателем и МШУ конвертером, приводящее к снижению эффективной поверхности антенны и, как следствие, — к уменьшению коэффициента усиления.

Второй недостаток заключается в воронкообразном эффекте, когда при атмосферных осадках на зеркале антенны накапливается влага, вызывающая снижение коэффициента усиления вплоть до полного прекращения приема.

В профессиональных приемных устройствах (с антеннами более 3 м) зеркало подогревается, снег и лед растапливаются; в индивидуальных установках подогрев, как правило, не используется из-за существенного удорожания антенной установки.

Для устранения этих недостатков иногда применяют антенны с вынесенным облучателем (офсетные) — рис. 17, в этом случае облучатель и конвертер не затеняют пучок лучей, падающих на поверхность рефлектора [5].

Антенна должна работать при скорости ветра до 70 км/ч, а конструкция ее выдерживать порывы ветра скоростью до 120 км/ч. Подвеска антенны должна быть такой, чтобы отклонение оси антенны, вызванное давлением ветра, не превышало одной десятой ширины диаграммы направленности главного лепестка. Это значит, что для антенны с диаметром рефлектора 1,8 м допустимая погрешность не может быть более 0,1°.

Отклонение реальной поверхности рефлектора от параболической на 0,3 мм влечет за собой уменьшение на частоте 12 ГГц коэффициента усиления на 1 дБ.

Опорно-поворотное устройство, или подвеска антенны позволяет ориентировать антенну на соответствующий спутник.

Применяют два типа подвесок антенн — азимутально-угломестную (АЗ) и полярную (П). Азимутально-угломестную подвеску чаще применяют в антеннах коллективного приема, когда она ориентирована на один какой-либо спутник. Такая подвеска требует дистанционного управления антенной по двум осям — по азимуту и углу места, что достаточно сложно реализовать в любительских условиях. При необходимости последовательного выбора нескольких спутников более простая ориентация антенны может быть выполнена с помощью полярной (или полюсной) подвески (рис. 17).

Достоинством полярной подвески является возможность вести ориентацию антенны с помощью лишь одного двигателя телескопического вида.

В пределах сектора углов геостационарной орбиты ±60° погрешность наведения при этом не превышает 0,2...0,4°, что вполне допустимо для антенны диаметром до 100 см. Точную ориентацию антенны производят по максимуму принимаемого сигнала.

Технические параметры параболических антенн, выпускаемых фирмами "Белка Лтд.", "Телесет" и "Кросна", приведены в табл. 1.

Следует отметить, что приемные станции СТВ с диаметром антенн 60 см, находящиеся в подспутниковой точке или вблизи нее (β = 60...90°), позволяют получать удовлетворительное качество сигнала. Однако такие антенны не обеспечивают необходимого подавления сигналов, излучаемых ближайшими по расположению на орбите вещательными спутниками, работающими в том же или соседних по частоте каналах.

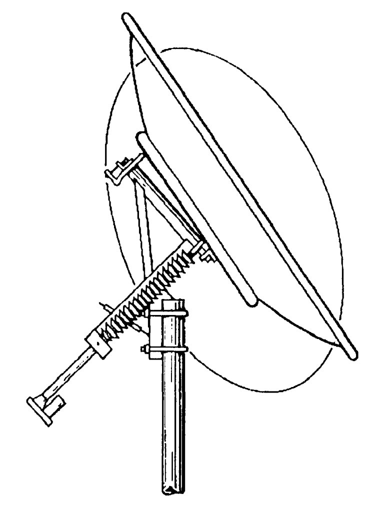


Рис. 17. Антенна офсетная с полярной подвеской

В конце 80-х годов для спутникового телевидения стали использовать плоские антенны, собранные из большого числа

Т а б л и ц а 1. **Параметры параболических антенн для СТВ, выпускаемые фирмами "Белка Лтд.", "Кросна" и "Телесет–Сервис"**

Конструктивные и технические параметры	Диаметр антенны, см																		
	70	90			120		150		165	180	200		210	250		260	300	350	
	"Белка"	"Белка"	"Телесет"	"Кросна"	"Белка"	"Телесет"	"Телесет"	"Кросна"	"Белка"	"Телесет"	"Белка"	"Кросна"	"Телесет"	"Белка"	"Кросна"	"Телесет"	"Кросна"	"Телесет"	"Кросна"
Коэффициент усиления[1], дБ	35	38	38	39	41	41	43	43	43,5	45	46	46,5	46,5	47	48	47	50	51	51
Ширина луча на уровне 3 дБ, град	2,7	2	2	–	1,55	1,55	1,24	–	1,1	1	–	–	0,88	0,8	–	0,74	–	0,5	–
Коэффициент кросс-поляризации[1], дБ	30	30	30	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Шумовая температура[1] для спокойной атмосферы при $\beta = 20°$, К	35	30	30	30	28	28	25	25	25	23	23	23	22	20	20	20	20	20	20
Коэффициент стоячей волны[1] (КСВ)	1,25	1,25	1,25	1,4	1,25	1,25	1,25	1,4	1,2	1,2	1,2	1,4	1,3	1,3	1,4	1,3	1,4	1,2	1,4
Отношение F/D	0,5	0,5	0,67	–	–	0,4	0,4	–	0,39	0,4	0,39	–	0,4	0,39	–	0,45	–	0,45	–

Конструктивные и технические параметры	Диаметр антенны, см																		
	70	90			120		150		165	180	200		210	250		260	300	350	
	"Белка"	"Белка"	"Телесет"	"Кросна"	"Белка"	"Телесет"	"Телесет"	"Кросна"	"Белка"	"Телесет"	"Белка"	"Кросна"	"Телесет"	"Белка"	"Кросна"	"Телесет"	"Кросна"	"Телесет"	"Кросна"
Масса рефлектора, кг	6	8	13,6	13	12	34,6	52	56	42	57,5	77	70	76	98	80	85	100	165	–
Тип подвески	АЗ, П	АЗ, П	АЗ	АЗ	АЗ, П	АЗ	П	П	АЗ, П	П	АЗ, П	П	П	АЗ, П	П	П	П	П	П
Рабочая ветровая нагрузка, км/ч	54	54	72	54	54	72	72	54	54	72	54	54	72	54	54	72	54	72	54
Первый боковой лепесток диаграммы направленности, дБ	–25	–25	–22	–20	–25	–20	–20	–20	–21	–20	–21	–14	–	–21	–14	–20	–20	–20	–20

[1] Параметры приведены в условиях работы с одной поляризацией. При использовании двух поляризаций коэффициент усиления уменьшается на 0,3 дБ, шумовая температура увеличивается на 1...2 К и КСВ увеличивается на 0,5 дБ.

Примечания:

1. АЗ – Азимутально–угломестная подвеска, П – полярная подвеска.
2. Коэффициент усиления антенны соответствует частоте 11,325 ГГц.
3. Параболическое зеркало антенны 3,5 м разборное: центральная секция 1,8 м и 8 боковых лепестков.
4. В НПО "Кросна" антенны диаметром 200 и 250 см имеют двухзеркальную конструкцию с модифицированным профилем зеркала.
5. Приведены данные шумов, наводимых на антенну от Земли и атмосферы.

излучателей различной формы. Плоские или планарные антенны относятся к классу антенных решеток. Серьезным эксплуатационным достоинством таких антенн является то, что на них не оседает снег, лед и другие осадки, кроме того, они архитектурно хорошо вписываются в фасады здания.

В качестве элементарного излучателя в плоских антеннах используют простые полуволновые полосковые вибраторы, принимающие волну одной поляризации или вибраторы специальной формы [5]. Электрические характеристики плоской антенной решетки зависят в первую очередь от потерь в диэлектрике и металле микрополосковых линий. Так как потери от элементарного излучателя до точки подключения конвертера, как правило, не менее 1...1,5 дБ, то КПД плоских антенн несколько менее 50 % и целесообразно их применять на тех земных станциях, где имеется достаточный энергетический запас на линии спутник — земная станция. Отметим, что зеркальные параболические антенны имеют КПД, близкий к 100 %. Энергетический запас на радиолинии спутник — земная станция на потери за счет влияния дождей обычно не превышает 3...4 дБ. В табл. 2 приведены некоторые параметры плоских антенн, выпускаемых японской фирмой Matsushita.

Таблица 2. **Параметры и размеры плоских антенн**

Тип	Габаритные размеры, см	Коэффициент усиления, дБ	Эквивалентный диаметр, см	$K_{ш}$
PA-33	35x35	31	39,5	0,5
PA-36	38x72	33,5	59	0,4
PA-66	72x72	36	81,2	0,38

В дальнейшем фирма предполагает выпускать плоские антенны с микропроцессорным управлением выбора спутника и вида поляризации сигналов.

Эксперименты, проведенные фирмой Zehnder, показали, что в подспутниковой зоне возможен прием сигналов на планарные антенны с длиной ребра 30 см. При использовании антенны с длиной ребра 60 см оказалось возможным принимать сигналы от спутников ASTRA и EUTELSAT 2F3, разнесенных на 3,2° (19,2 и 16° в.д. соответственно) Сигналы от мешающих передатчиков оказались незначительными, практически не влияющими на качество приема полезного сигнала.

По указанным причинам плоские антенны пока не получили широкого применения.

Изготовление антенн в домашних условиях. Учитывая дороговизну антенн, цена которых в зависимости от размеров зеркала

составляет 25...40 % общей стоимости оборудования индивидуальной установки, у радиолюбителей может появиться желание изготовить антенну в домашних условиях.

В [7] приведены три конструкции антенн с размером рефлектора Д = 67 см (детские дискосанки), 100 и 150 см. С учетом различного рода погрешностей выполнения самого зеркала, облучателя, подсоединяемого к нему волновода, их электрического согласования и т.п. при кустарном изготовлении основные параметры антенн будут заметно хуже, чем у антенн, выполненных на высокотехнологическом производстве.

Как показал опыт приема сигналов западноевропейских спутников в Москве, необходимо иметь высокоэффективные антенны с диаметром рефлектора 1,5...2 м. Поэтому усилия по собственному изготовлению антенн по рекомендациям [7] могут не оправдаться.

Расчетные данные профиля параболического рефлектора диаметрами 200 и 250 см и технология его изготовления в любительских условиях приведены в разделе 12.

7. КОНВЕРТЕР ПРИЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Типовая структурная схема конвертера приведена на рис. 18. Сигнал, собранный в фокусе антенны, подводится к поляризатору, выбирающему сигнал с нужной поляризацией. Как известно, для увеличения пропускной способности каналов передача может осуществляться сигналами с горизонтальной, вертикальной или круговой (правого или левого вращения) поляризацией.

В диапазоне 10,7...12,5 ГГц применяют, как правило, линейную поляризацию (горизонтальную или вертикальную).

Поляризатор обеспечивает развязку двух сигналов в пределах 25...30 дБ.

Малошумящий усилитель МШУ позволяет снижать собственные шумы приемника до минимального значения за счет применения активных элементов (транзисторов) с наилучшими характеристиками и правильного построения схемы.

Полосовой фильтр ПФ подавляет помехи от соседних каналов и, что особенно важно, — помеху от зеркального канала приема, отстоящую на удвоенную ПЧ1. Еще одна функция полосового фильтра на входе смесителя — это подавление собственного излучения гетеродина.

На смеситель См конвертора подаются принимаемый сигнал f_c и напряжение от стабилизированного гетеродина Гет — $f_г$.

На выходе смесителя появляются сигналы с частотами $f_{см} = f_c \pm f_г$. Обычно выделяется разностная частота $f_{пч} = f_c - f_г$ или $f_г - f_c = f_{пч}$.

К гетеродину Гет предъявляют достаточно жесткие требования по стабильности его частоты с учетом больших перепадов температуры и влажности окружающей среды.

На выходе смесителя выделяется разностная частота в полосе 0,95...2,05 ГГц в зависимости от рабочей частоты принимаемых со спутника сигналов, усиливается в УПЧ1 до уровня — (50...60) дБВт, что позволяет компенсировать потери в коаксиальном кабеле, соединяющем наружный блок с внутренним. В последнее время европейские страны начали выпускать ресиверы с расширенной полосой ПЧ1 0,75...2,15 ГГц.

Малошумящие усилители широко используют не только в спутниковых системах, но и в наземных радиорелейных линиях, так как за счет улучшения шумовых свойств приемника их применение позволяет в несколько раз снижать излучаемую мощность передатчика.

В профессиональных приемных устройствах спутниковой системы связи широко используют параметрические усилители, охлаждаемые до температуры жидкого азота (77 К) или гелия (4 К). При этом суммарную шумовую температуру собственно приемника $T_{пр}$ можно снизить до 20...50 К (0,3...0,7 дБ): $T_{пр} = T_0(n_ш - 1)$, где $n_ш = 10^{0,1 n_ш, \text{дБ}}$ ед.; $T_0 = 290$ К — температура окружающей среды.

Однако для индивидуальных и даже коллективных приемных устройств спутникового ТВ вещания охлаждаемые параметрические усилители обычно не применяют из-за:

сложности в эксплуатации (они требуют регулярной профилактики и обслуживания системы охлаждения);

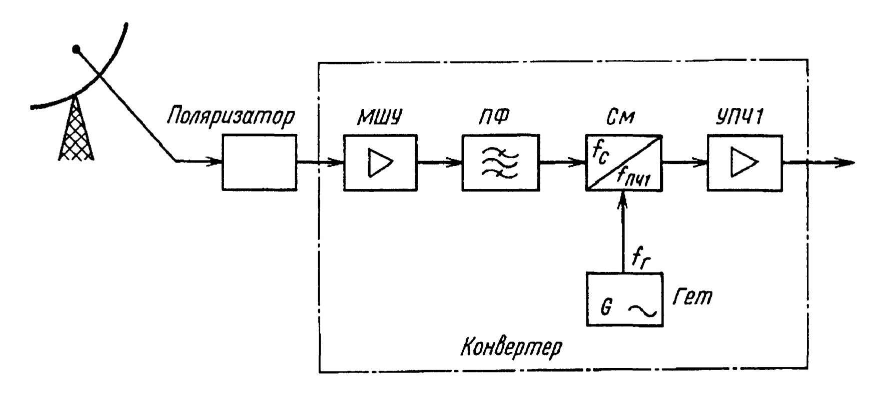


Рис. 18. Структурная схема наружного блока приемной установки спутникового ТВ вещания

невысокой надежности;

низкой технологичности при массовом производстве.

В конце 80-х годов для диапазона 10...13 ГГц были разработаны арсенид-галлиевые полевые транзисторы, позволяющие реализовывать усилители с коэффициентом шума 1,5...1,7 дБ и усилением на один каскад до 12 дБ [5].

В последние годы появились транзисторы с высокой подвижностью электронов (ТВПЭ или, по-английски, HEMT — high electron mobility transistor), у которых коэффициент шума уменьшен до 0,7...0,8 дБ на частоте 12 ГГц.

В МШУ приемников спутникового ТВ вещания используют обычно три каскада усиления. Наибольшую долю шумов вносят первый и второй каскады МШУ, они определяют суммарный коэффициент шума усилителя.

В тех случаях, когда удается создать достаточную напряженность поля на Земле от передатчика спутника при выполнении норм на мешающие излучения на территории соседних стран, МШУ в приемниках спутникового ТВ вещания могут не использоваться. Так, в японских спутниках синтезированы специальные диаграммы направленности. При этом антенна облучает территорию Японии.

Так как Япония — островное государство, то за счет географического удаления от ближайших соседей (России, Кореи) эквивалентная изотропно-излучаемая мощность на выходе японских спутников может быть существенно увеличена без опасений создания помех соседним странам. Для государств, имеющих сухопутные границы, эта мощность спутников выбирается минимально необходимой исходя из главного условия — непревышения допустимого уровня помех данного спутника на границах соседних государств.

При проектировании МШУ следует учитывать два противоречивых фактора: для достижения минимального коэффициента шума необходимо обеспечить наилучшее согласование транзистора по входу, а для получения максимального коэффициента усиления требуется получить оптимальное согласование по выходу.

При использовании корпусных транзисторов на входе и выходе ставятся согласующие цепи, которые обеспечивают оптимальные результаты лишь в ограниченной полосе. Поэтому МШУ выполняют обычно для работы в разных диапазонах частот в общей полосе 10,7...12 ГГц, например на диапазон 10,7...11,7 ГГц один МШУ и на диапазон 11,7...12,5 ГГц другой МШУ.

Рассмотрим схему МШУ, топологию которой можно изготовить в домашних условиях методом травления печатной

платы [5]. Данная топология менее критична к допускам, так как в процессе наладки в нее можно вводить различные элементы подстройки (удлинять шлейф, вводить емкостные площадки вдоль линии и др.). В схеме МШУ (рис. 19) используют арсенид-галлиевые транзисторы CFY18 производства фирмы SIEMENS (Германия) с длиной затвора 0,5 мкм. Измеренный коэффициент шума конвертера составляет 2,8 дБ. Развязка по цепям питания достигается использованием конденсатора емкостью 24 пФ. Основной элемент топологии — это микрополосковая линия с волновым сопротивлением 52 Ом, состоящая из центрального проводника шириной 1 мм, нанесенного на подложке из поликора ($\varepsilon \approx 10$) толщиной 1 мм.

Представляет интерес для радиолюбителей упрощенный вариант данной схемы с использованием четвертьволновых короткозамкнутых шлейфов в цепях затвора, опубликованный в [8]. В этой схеме применены те же типы транзисторов, что и в схеме рис. 19. Усилитель смонтирован на фторопластовой, армированной стекловолокном, печатной плате толщиной 0,5 мм с диэлектрической проницаемостью $\varepsilon = 2{,}33$.

Выше был приведен пример узла МШУ на полевом транзисторе CFУ18 фирмы SIEMENS. Топология этого узла хорошо отработана технологически и вполне реализуема в любительских условиях. Ниже дано описание промышленного конвертера [12], выполненного на отечественных полевых транзисторах АП343А2 с коэффициентом шума 1,3 дБ при усилении более 50 дБ. Таким образом, благодаря современной технологии производства, несмотря на сходство параметров немецких и отечественных транзисторов, в промышленном конвертере удалось уменьшить коэффициент шума на 1,5 дБ, что эквивалентно выигрышу в габаритных размерах и стоимости атенны: вместо антенны диаметром 1,8...2,1 м можно применить антенну с диаметром рефлектора 1,2...1,5 м. Однако применение такой технологии невозможно в любительских условиях. Снизить коэффициент шума конвертера можно за счет использования транзисторов ТПВЭ (HEMT). При этом лучшие образцы зарубежных конвертеров имеют коэффициент шума 0,7...0,8 дБ. К сожалению, отечественная промышленность выпуск таких транзисторов пока не освоила.

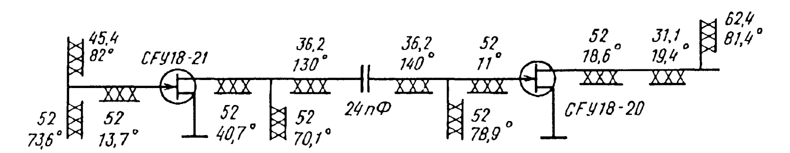


Рис. 19. Малошумящий усилитель с емкостной связью для f = 11 ГГц

Для упрощения схемы в некоторых конструкциях радиолюбители не применяют полосовой фильтр. Однако в этом случае повышаются требования к подавлению излучений первого гетеродина и сужается диапазон рабочих частот приемника спутникового ТВ вещания за счет снижения значения ПЧ1, а также возрастает вероятность появления помех по зеркальному каналу.

На рис. 20 представлены топология фильтра на микрополосковых резонаторах и его АЧХ [5].

Уменьшить излучение гетеродина можно за счет улучшения экранировки и уменьшения его мощности.

Фильтр представляет собой цепь из шести полуволновых связанных микрополосковых резонаторов. Вносимые потери в полосе пропускания составляют менее 3 дБ, затухание на частоте первого гетеродина (11,2 ГГц) более 30 дБ, по зеркальному каналу в диапазоне 9,2...10,2 ГГц более 50 дБ.

Трехрезонаторный микрополосковый фильтр имеет потери в полосе пропускания около 1 дБ, но избирательность его на частотах гетеродина и зеркального каналов может быть недостаточной. Дополнительно подавить паразитный сигнал от первого гетеродина можно, используя балансный смеситель. С этой же целью иногда в смесителях применяют режекторные фильтры. В волноводно-щелевых конструкциях простейший режекторный фильтр выполняется в виде полуволнового или заземленного четвертьволнового резонатора, а в микрополосковых — в виде полуволнового микрополоскового резонатора, связанного с регулярной линией передачи и резонирующего на частоте подавляемого сигнала.

Первый гетеродин. К гетеродину предъявляются следующие требования: выходная мощность в пределах 1...10 мВт в зависимости от типа смесителя, нестабильность частоты ±1 МГц (10^{-4}) в интервале температур —30...+40° С, генерация по возможности на одной частоте.

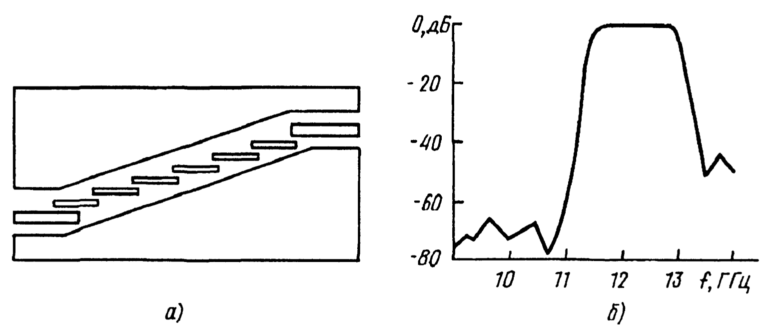


Рис. 20. Полосовой фильтр конвертера на микрополосковых резонаторах (*а*) и его АЧХ (*б*)

Наибольшее распространение получили генераторы на диодах Ганна и полевых транзисторах с барьером Шотки, стабилизированные диэлектрическими резонаторами [5]. С учетом необходимости получения высокого КПД предпочтительнее в современных конвертерах применять генераторы на полевых транзисторах с барьером Шотки, стабилизированные диэлектрическими резонаторами.

Диэлектрический резонатор играет роль частотно-задающего колебательного контура в цепи обратной связи генератора. При изготовлении диэлектрических резонаторов широко применяют термостабильную керамику с температурным коэффициентом частоты $\pm(1...5)10^{-6}$ K^{-1} и диэлектрической проницаемостью 37...40 (ТЛО, АЛТК) или 80 (ТБНС).

На рис. 21 приведен вариант топологии генератора на полевых транзисторах с барьером Шотки. В этой схеме диэлектрический резонатор включен в обратную связь в цепи затвора. Резистор $R_И$ выполняет роль цепи автосмещения. Степень связи резистора с микрополосковой линией в цепи затвора регулируется приближением или удалением диэлектрического резонатора от линии в процессе настройки с последующей фиксацией наилучшего положения. Для удобства настройки рекомендуется диэлектрический резонатор предварительно закре- пить на тонкой диэлектрической пластине из материала с малым ε, которая после выбора оптимального положения диэлектрического резонатора крепится к микрополосковой линии. Необходимая частота генерации генератора на полевых транзисторах с барьером Шотки, определяемая диэлектрическим резонатором, устанавливается шлифовкой резонатора или подстроечным винтом, выполненным из металла или диэлектрика и размещаемым над ним. Следует избегать подстроек диэлектрического резонатора более 1...2 % от частоты первоначальной установки, так как это ведет к ухудшению термостабильности генератора. Аттенюатор в цепи источника служит для регулировки связи гетеродина со смесителем и для согласования.

Отрезок микрополосковой линии со шлейфом в цепи истока также играет роль согласующего элемента, фильтры нижних частот в цепях истока и стока предназначены для блокировки цепей питания от генерируемого сигнала.

Радиолюбители стран СНГ еще в конце 80-х годов начали осваивать оборудование приемных устройств спутникового ТВ вещания. Заметный вклад в это дело внесли С.Сотников, В.Ботвинов, А.Гольцов (Россия) и В.Кетнерс (Литва). Ниже приведены описания двух наиболее удачных конструкций В.Ботвинова и А.Гольцова.

Трехкаскадный МШУ конструкции В.Ботвинова [9] выполнен на отечественных полевых транзисторах АП324 или АП326. Все три каскада собраны по одной и той же схеме, и поэтому на рис. 22 приведена схема только одного каскада.

Усилитель монтируют на плате из двустороннего фольгированного армированного фторопласта толщиной 1 мм. Печатная плата, приведенная на рис. 23, может быть изготовлена как фотоспособом путем травления, так и вручную (механически). Необходимо обращать внимание на точное соответствие размеров дорожек чертежу. Фольгу с обратной стороны платы снимать не следует. После изготовления пла ты нужно ее тщательно отполировать тонкой наждачной бумагой, удалив остатки фольги и заусенцы, и обезжирить спиртом. Для соединения боковых дорожек

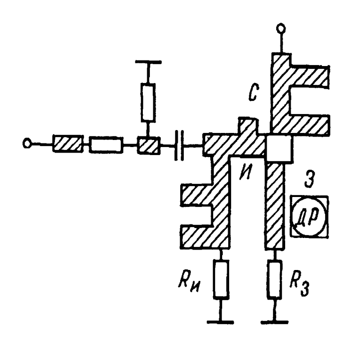


Рис. 21. Топология генератора на полевом транзисторе с барьером Шотки со стабилизацией диэлектрическим резонатором ДР (И, С, З — исток, сток и затвор)

Рис. 22. Схема одного каскада МШУ [9]

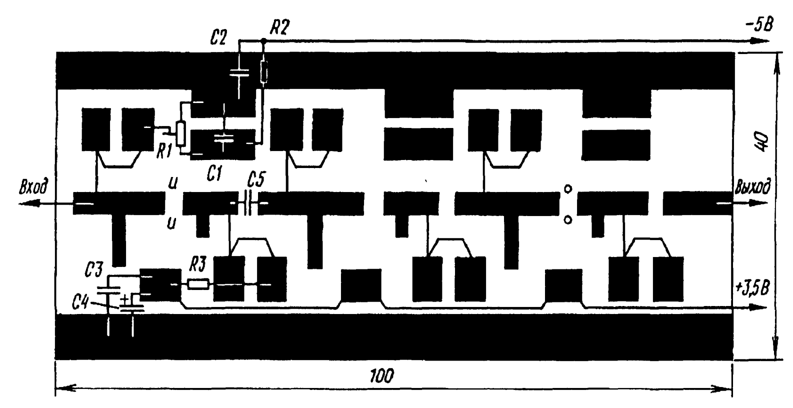


Рис. 23. Печатная плата трехкаскадного МШУ

с фольгой обратной стороны необходимо сверху и снизу сделать окантовку полосками меди или луженой жести, тщательно пропаяв места соединений по боковой поверхности.

В усилителе использованы постоянные резисторы ОМЛТ-0,125, подстроечные резисторы СП3-27Г, при этом возможно применение и других типов резисторов, соответствующих по габаритным размерам монтажной плате. В качестве емкостей использованы керамические монолитные или стеклокерамические конденсаторы К10-17а, К10-23, КМ-3, КМ-4, КД-1, К-21-8б и т.п. Конденсатор С4 может быть оксидно-полупроводниковым с однонаправленными выводами типа К53-30А или К53-19А. Конденсатор С5 может быть выполнен в виде кусочка медной фольги размером 2,8×5 мм, припаянной к выходной полосковой линии предыдущего каскада и нависающей над полосковой линией следующего каскада. В качестве прокладки следует использовать фторопластовую пленку толщиной не более 0,1 мм. При этом зазор между полосковыми линиями необходимо уменьшить до 1 мм. Можно также в качестве С5 использовать малогабаритные подстрочные конденсаторы емкостью 15...30 пФ (точное значение подбирается при регулировке).

Соединение площадок полосковых линий выполняют луженым проводом диаметром 0,15...0,17 мм. При использовании других типов транзисторов необходимо подбирать транзисторы в цепях их стоков. Подбор производят установкой напряжения в цепи сток-исток и тока стока в соответствии с указанными в справочнике данными. Параметры подбирают по минимуму коэффициента шума.

Транзисторы типа АП326—АП329 с прямоугольным корпусом устанавливают в отверстия размером 4,5×2,6 мм. Выводы истоков транзисторов следует припаивать легкоплавким припоем к фольге нижней стороны платы.

После завершения монтажа плату промывают спиртом от остатков флюса и устанавливают на П-образное металлическое шасси с габаритными размерами 10×40×100, надежно соединив ее с шасси винтами М3.

Вход МШУ обычно связывается с волноводом облучателя с помощью четвертьволнового зонда.

Смеситель конвертера. Наибольшее распространение в приемных установках СТВ получили балансные смесители на диодах с барьером Шотки и смесители на полевых транзисторах.

Однодиодные смесители, несмотря на кажущуюся простоту конструкции и малую мощность потребления от гетеродина, имеют низкий коэффициент преобразования из-за большого числа комбинационных частот, в том числе и зеркальной частоты ($f_{зк} = f_г - f_{пч}$), а также из-за повышенного коэффициента шума смесителя.

Важнейшим преимуществом двухдиодных балансных смесителей является подавление в нем амплитудных шумов гетеродина и шумов, принятых по зеркальному каналу, а также подавление четных гармоник гетеродина. Для разделения сигналов на два канала в требуемых фазах широко используют квадратурные мосты. Гетеродин и МШУ подключаются к развязанным плечам моста, а для повышения развязки один из диодов подключают ко входу моста через четвертьволновый шлейф. На выходе смесителя включают фильтр нижних частот [5].

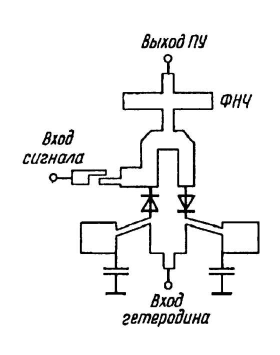


Рис. 24. Топология балансного смесителя

На рис. 24 представлен вариант топологии балансного смесителя, в котором напряжение от стабилизированного гетеродина подведено в противофазе (при встречном включении диодов), а входной сигнал включен синфазно (за счет использования линии передачи полуволновой длины). Развязка между входами сигнала и гетеродина на частоте последнего достигает 40 дБ.

Смеситель, выполненный на полевых транзисторах с барьером Шотки (ПТШ), имеет коэффициент преобразования больше единицы и при соответствующей оптимизации схемы может достигать 5...10 дБ.

На рис. 25 приведена топология смесителя с однозатворным полевым транзистором с барьером Шотки типа CFY19 фирмы SIEMENS, имеющим длину затвора 1 мкм. Для повышения коэффициента преобразования по входу смесителя (цепь затвора) включены четвертьволновые дроссели (4 шт.), обеспечивающие низкое входное сопротивление на ПЧ. В цепи стока включен фильтр нижних частот L1, уменьшающий "пролезание" на выход смесителя сигналов принимаемого и гетеродина. Смешиваемые сигналы подводятся к точке разветвления с помощью 50-омных линий. Для развязки между сигналом и гетеродином включены четвертьволновые шлейфы, играющие роль режекторных фильтров. Шлейф, включаемый в цепь сигнала, настроен на частоту гетеродина, а шлейф в цепи гетеродина настроен на среднюю частоту принимаемого сигнала. На выходе ПЧ последний шлейф работает как емкость на землю и совместно с индуктивностью L1 образует фильтр нижних частот.

Усилитель первой промежуточной частоты. Отличительной особенностью такого усилителя является его широкополосность, а именно для приема сигналов СТВ общая полоса на выходе смесителя около 800 МГц, или $\Delta f/f = 0,7$. Это требует примене-

ния широкополосных согласующих цепей и специальных мер по поддержанию постоянства коэффициента усиления в рабочем диапазоне частот.

В УПЧ1 можно применять как полевые, так и биполярные транзисторы. Если учесть большую критичность схем на полевых транзисторах к порядку включения и разнополярность питающих напряжений, а также необходимость защиты ПТШ от переходных процессов, то в радиолюбительских конструкциях, по-видимому, следует отдать предпочтение схемам на биполярных кремниевых транзисторах.

На рис. 26 приведена схема на транзисторах типов BFQ69 и BFR34A. Первый каскад (BFQ69) выполнен по схеме с общим эмиттером. Желательно добиться того, чтобы коэффициент шума УПЧ1 в приемнике спутникового телевизионного вещания не превышал 3...4 дБ. Использование в качестве нагрузочных сопротивлений индуктивностей L1—L3 и малых разделительных емкостей (С = 2,2 пФ) позволяет получить достаточно равномерную АЧХ в полосе 800 МГц: в центре полосы — примерно 25 дБ со снижением усиления до 20 дБ на краях. Выход УПЧ1 нагружен на стандартный коаксиальный кабель типа РК 75-4-113. В радиолюбительской конструкции [9] выбрана ПЧ1 в пределах 470...790 МГц вместо 0,95...1,75 ГГц.

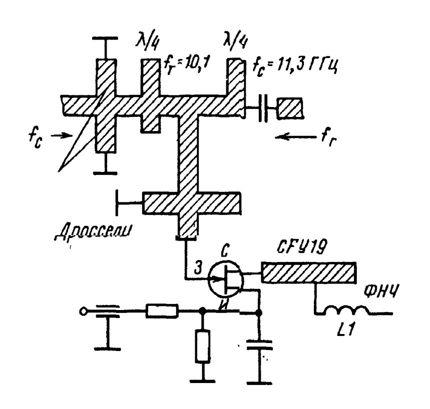


Рис. 25. Смеситель на полевом транзисторе с барьером Шотки с фильтром для развязки каналов сигнала и гетеродина

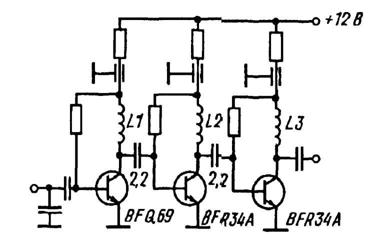


Рис. 26. Усилитель ПЧ1 на биполярных транзисторах

Этот выбор продиктован стремлением в максимальной степени использовать готовые блоки, применяемые в телевизионном вещании, например промышленный антенный усилитель УТДИ-IV-V, селектор каналов СКД-1 и других элементов телевизионной техники.

На рис. 27 приведены топология смесителя и схема УПЧ1, выполненная на двух транзисторах типов КТ3107А и КТ3102А [9]. Возможна замена на транзисторы КТ3101, КТ3115 и КТ391; применяемые транзисторы должны вносить минимальные собственные шумы. Плата УПЧ1 может быть изготовлена из стеклотекстолита с использованием навесного монтажа.

Питание всей конструкции конвертера [9] производится от источника напряжения ±10 В с дополнительным формированием необходимых напряжений для МШУ (рис. 28). Монтаж схемы электропитания выполняют на отдельной плате, размещенной в основании крышки-кожуха. СВЧ конвертер после сборки и регулировки помещается в кожух-экран, выполненный из отрезка алюминиевой трубы диаметром 62 и длиной 210 мм. Конструкция МШУ конвертера рассчитана на прием сигнала с одной поляризацией.

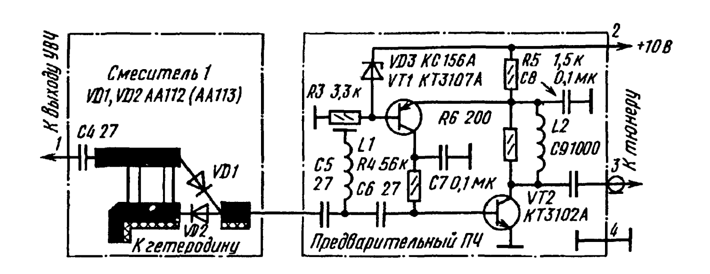


Рис. 27. Топология смесителя и схема УПЧ1

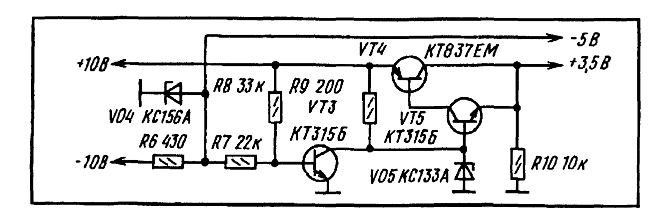


Рис. 28. Схема электропитания конвертера [9]

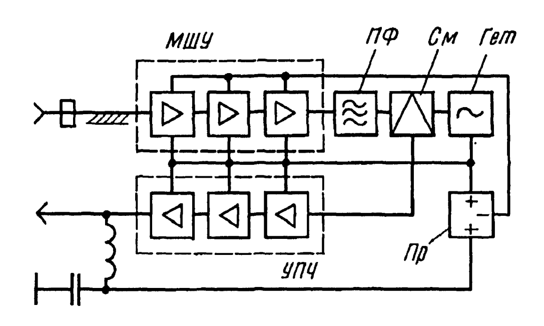


Рис. 29. Структурная схема промышленного конвертера на отечественных транзисторах

В описываемой конструкции УПЧ1 рассчитан на соединительный кабель к ресиверу длиной не более 15 м. При большей длине соединительных кабелей автор рекомендует в непосредственной близости от антенны использовать дополнительный усилитель ДЦВ диапазона.

Недостаток конструкции конвертера [9] заключается в отсутствии поляризатора и полосового фильтра перед смесителем, что ограничивает возможности приема сигналов лишь с одной поляризацией.

В последние годы в Японии ведут работы по использованию в конвертерах высокотехнологичных монолитных интегральных микросхем: гетеродин, МШУ, смеситель и УПЧ1 выполняются в виде отдельных кристаллов на подложках из арсенид-галлия. Суммарный коэффициент шума такого конвертера 3,5 дБ, а усиление около 70 дБ в полосе 11,7...12,2 ГГц. Преимущество использования микросхем при изготовлении конвертеров в условиях массового производства — технологичность и, как следствие, — снижение стоимости. Для радиолюбителей микросхемы привлекательны тем, что не требуют согласующих цепей и настройки, так как они согласованы 50-омными линиями передачи.

Отечественные разработки конвертеров ориентируются главным образом на поликоровую технологию, так как наши лучшие бескорпусные транзисторы типа 3П343А5 могут быть смонтированы лишь на поликоровое основание. Изготовленные с использованием бескорпусных транзисторов конвертеры, как правило, необходимо герметизировать.

В табл. 3 приведены основные технические параметры некоторых типов зарубежных и отечественных конвертеров, используемых в Европе. Появились конвертеры на два диапазона: 10,95...11,7 и 12,5...12,75 ГГц, построенные по принципу после-

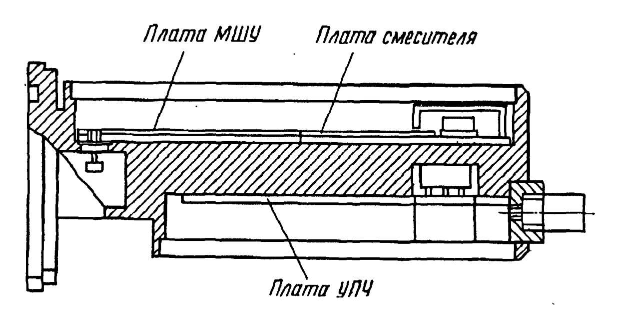


Рис. 30. Общий вид конвертера в разрезе

довательного переключения диапазонов, для чего используют два полосовых фильтра и два гетеродина.

Промышленный конвертер на отечественных транзисторах. Приведем описание конвертера спутникового ТВ вещания, выполненного с использованием современных технологий на отечественной элементной базе [12]. Конвертер собран в соответствии со структурной схемой (рис. 29). Он содержит волноводно-полосковый переход, трехкаскадный МШУ на полевых арсенид-галлиевых транзисторах АП343А2, смеситель См на пассивно включенном транзисторе, гетеродин Гет с диэлектрическим резонатором, трехкаскадный УПЧ, выход которого одновременно служит выходом конвертера и вводом постоянного напряжения. В конвертере используется преобразователь Пр положительного напряжения в отрицательное и полосовой фильтр для ПФ подавления зеркальной помехи.

Общий вид конвертера показан на рис. 30. Зондовый переход с волновода на полосковую линию выполнен в виде металлостеклянного участка коаксиальной линии с волновым сопротивлением 50 Ом, внутренний проводник которого погружен в полость отрезка волновода и на конце имеет расширение.

Две ячейки конвертера (МШУ и фильтр — смеситель — гетеродин) выполнены на фольгированном диэлектрике ФАФ-5ВН-(0,5...0,035), припаянном к промежуточному основанию, и установлены на одном этаже в конвертере со стороны волноводно-полоскового перехода. Усилитель промежуточной частоты и преобразователь положительного напряжения в отрицательное смонтированы в отдельной ячейке и размещаются на другом этаже.

Топология МШУ на транзисторах АП343А2 приведена на рис. 31. Транзисторы специально подбираются с тем, чтобы в первом каскаде применялись приборы с наименьшим коэффи-

Таблица 3. **Параметры МШУ конвертеров, используемых в Европе, и некоторых отечественных фирм**

Параметр	California Amplifier (USA)					ALPS Grundig	Cambridge
Частота сигнала на входе, ГГц	10,70...11,80	12,50...12,75	10,95...11,70	10,95...11,70	11,75...11,95	10,75...12,75	10,70...11,80
Частота на выходе, ГГц	0,95...2,05	0,95...1,70	1,025...1,275	0,95...1,70	0,95...1,45	0,95...2,15	0,95...2,05
Коэффициент усиления, дБ	59	59	59	59	59	58	60
Коэффициент шума при 25°C (T, K), дБ	0,7...0,9	0,7...0,9	0,7.. 0,9	0,6...0,9	0,7...1,0	0,8...1,0	0,8
Поляризация	H/V	H/V	H/V	H/V	H/V	H/V	H/V
Напряжение переключения поляризации, В	12/18	12/18	12/18	–	–	13/17	13/17
Рабочая температура, 0°C	−30...+60	−30...+60	−30...+60	−30...+60	−30...+60	−30...+60	−30...+60
Конструкция входа, мм (тип)	∅ 23	∅ 23	∅ 23	WR−75	WR−75	∅ 23	C120
Размеры, мм	92×70×111	92×70×111	92×70×111	134×48×48	121×51×41	–	–
Масса, г	380	380	380	152	300	–	–

Protec	Protec	НИИ РФ		ПО "Радий"			
		МШБ–1М	МШБ–1М01	М55121–1	М55121–5	ММВ–1	ММВ–2
10,70...11,80	3,70...4,20	10,95...11,70	11,70...12,50	10,95...11,70	11,70...12,50	10,95...11,70	11,70...12,50
0,95...2,05	0,95...1,45	0,95...1,70	0,95...1,75	0,95...1,75	0,95...1,75	0,95...1,75	0,95...1,75
60	60	55	55	50	50	55	55
0,9	20 K	1,1	1,2	1,5	2	1,4	1,6
H/V	LZ/RZ	–	–	–	–	–	–
13/17	13/17	–	–	12...18	12...18	15...24	15...24
−30...+60	−30...+60	−40...+60	−40...+60	−50...+50	−50...+50	−50...+50	−50...+50
C120	WR229Q	F	F	F	F	F	F
–	–	40×38×112	40×38×112	40×40×135	40×40×135	50×120	50×120
–	900	270	270	300	300	–	–

П р и м е ч а н и я. Во всех моделях конвертеров предусматривается защита от грозовых разрядов и атмосферных явлений (колебания температуры, влажности). Гарантия работоспособности не менее двух лет.

Поляризация H/V – горизонтальная/вертикальная, LZ/RZ – круговая левая/правая; ECS–Europen Communication Satellite.

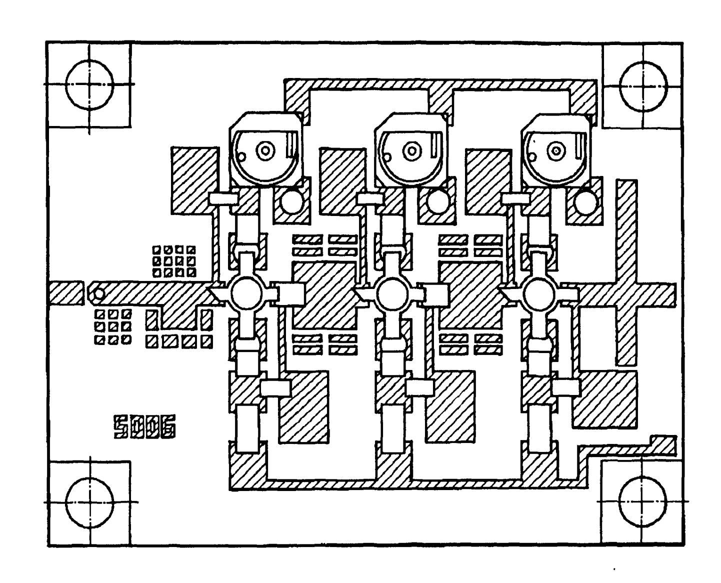


Рис. 31. Топология МШУ конвертера

циентом шума $К_{ш1} \le 1{,}2$ дБ, а в третьем — коэффициентом $К_{ш3} \le 1{,}7$ дБ.

Для уменьшения расстояния между транзисторами цепи согласования трансформируют непосредственно выходное сопротивление транзистора одного каскада во входное другого. Выходная согласующая цепь выполняет также функцию режекторного фильтра, обеспечивающего требуемое ослабление зеркального канала (около 50 дБ).

Для повышения устойчивости МШУ в цепях питания включены резисторы, зашунтированные на заземляющее основание конденсаторами. Заземление выполнено с помощью металлизированных отверстий.

Фильтр, смеситель и гетеродин размещают на одной плате, вместе с ней устанавливают в корпусе конвертера предварительно проверенный УПЧ. Один из вариантов топологии смесителя на полевом транзисторе АП325-2 приведен на рис. 32. Входной сигнал подается на его затвор, а сигнал гетеродина — на сток, с которого снимается сигнал ПЧ. Полевой транзистор используется в "пассивном" режиме, что позволяет получать коэффициент преобразования в пределах 0...3 дБ при коэффициенте шума не более 8 дБ.

Гетеродин работает по схеме с автосмещением на полевом транзисторе АП339А2, линия с диэлектрическим резонатором из керамики АЛТК подключена к затвору. Диэлектрический резо-

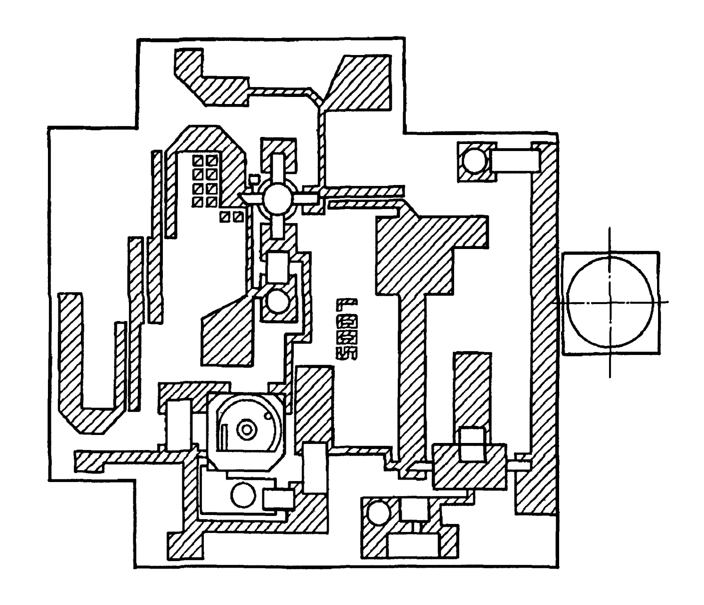


Рис. 32. Топология смесителя

натор крепят клеем к пластине из диэлектрика с низкой проницаемостью ($\varepsilon \approx 1,1$).

Нестабильность частоты гетеродина в диапазоне температур —50...60° С не превышает ±1 Мгц.

Усилитель промежуточной частоты — трехкаскадный, выполнен на транзисторах КТ3115А2. Для выравнивания коэффициента усиления на выходе каждого каскада включены резистивные выравнивающие цепи. На плате УПЧ размещен также преобразователь положительного напряжения, поступающего от стабилизатора, в отрицательное. Преобразователь выполнен по схеме мультивибратора. Питание конвертера осуществляется от источников напряжения 12...24 В, которое подается через выходной соединитель и стабилизатор КР142ЕН8Г на преобразователь и остальные узлы устройства; потребляемый ток менее 70 мА. Габаритные размеры конвертера 40×40×92 мм, масса 150 г.

В диапазоне частот 0,95...1,79 ГГц получены следующие параметры конвертера: коэффициент передачи не ниже 50 дБ, коэффициент шума не более 1,5 дБ, мощность на выходе не менее 0,5 мВт, подавление зеркального канала более 50 дБ. Параметры сохраняются неизменными в диапазоне рабочих температур —50...+60° С.

Дальнейшее снижение коэффициента шума можно получить при переходе на транзисторы с ТВПЭ структурами, а уменьшение габаритных размеров — при использовании гибридно-монолитных интегральных узлов.

8. РЕСИВЕР (ВНУТРЕННИЙ БЛОК)

Ресиверы профессиональные

Ресивер — это часть приемного устройства спутникового ТВ вещания, расположенная в помещении и выполняющая функции выбора канала, преобразования сигнала на ПЧ2, демодуляции с последующей обработкой для подачи на один из входов стандартного телевизионного приемника либо на вход маломощного ретранслятора.

Структурная схема ресивера приведена на рис. 33. Входной фильтр с полосой 0,95...2,05 ГГц подавляет помехи от других систем, работающих в этой полосе, а также помехи по зеркальному каналу.

Усилитель ПЧ1 компенсирует потери сигнала в соединительном кабеле и фильтре, а также играет роль согласующего устройства между входным фильтром и перестраиваемым полосовым фильтром ППФ. Перестраиваемый полосовой фильтр настраивается на центральную частоту принимаемой программы, подавляя зеркальную частоту не менее чем на 30 дБ. Управление центральной частотой фильтра производится с блока выбора программ, который работает от микропроцессора.

Сигнал с выхода фильтра подводится к смесителю См, на второй вход которого поступает напряжение перестраиваемого гетеродина Гет. На выходе смесителя См выделяется сигнал ПЧ2, на которую настроен полосовой фильтр ПФ.

Усилитель ПЧ2 охвачен цепью АРУ. Он выполняет функции ограничителя амплитуды, устраняющего паразитную амплитудную модуляцию.

Общий частотный демодулятор ЧД выделяет видео- и ЧМ сигнал поднесущей звука. Сигнал звукового сопровождения выделяется в демодуляторе.

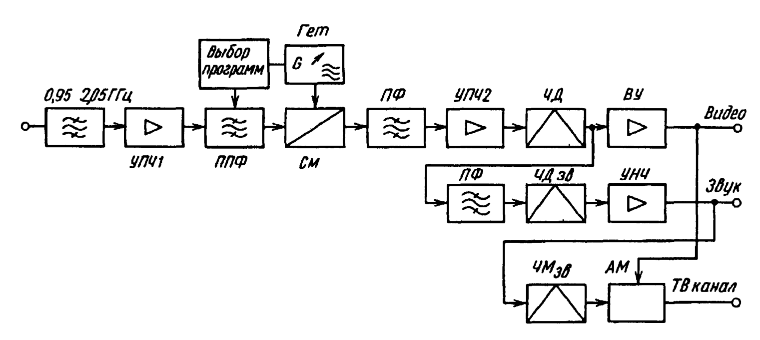


Рис. 33. Структурная схема профессионального ресивера

Выделенные видео- и звуковые сигналы подаются на соответствующие входы бытового ТВ приемника. При отсутствии таких входов полный ТВ сигнал после преобразования в АМ и ЧМ модуляторах в один из каналов метрового и ДЦВ диапазонов подается на антенный вход ТВ приемника.

Схема и конструкция УПЧ2 ресивера аналогична УПЧ1 конвертера, при этом надо лишь учитывать согласование нагрузок по входу и выходу.

Полоса перестраиваемого полосового фильтра должна перестраиваться синхронно с изменением частоты второго гетеродина. Наиболее распространенной является схема полосового фильтра, частота которого перестраивается с помощью варикапа (рис. 34) [5]. В этой схеме варикап выполняет роль сосредоточенной перестраиваемой емкости колебательного контура фильтра. Индуктивность может быть выполнена на отрезках микрополосковой линии или тонкого провода, возможно также применить варикап для управления частотой полуволнового микрополоскового резонатора. На схеме рис. 34 варикап представлен в виде переменной емкости $C_в$ и индуктивности $L_п$ (выводы варикапа). Индуктивность контура $L_к$ образована тонкой металлической пластиной длиной 9 мм, шириной 3 мм и толщиной 1 мм, один конец которой припаян к катоду варикапа, а второй — заземлен. Из отечественных наиболее подходят КВ109 и 2А618. Добротность варикапов составляет 30...50, что при двухрезонаторном фильтре обеспечивает требуемые АЧХ и ФЧХ.

Связь со входом и выходом выполняется емкостями С1 и индуктивностями L1 и $L_{св}$, емкость С1 также развязывает фильтры по цепям питания. Индуктивность L1 имеет пять—шесть витков из провода 0,5 мм, диаметр витков 2...3 мм.

Индуктивность $L_{св}$ имеет один—два витка, диаметр и взаимное расположение которых подбирают в процессе настройки, так как они влияют на АЧХ и ФЧХ фильтра. Описываемый фильтр настраивается на среднюю частоту 200 МГц, имеет полосу пропускания 100...120 МГц на уровне 0,5 дБ и обеспечивает избирательность по зеркальному каналу ПЧ2 около 40 дБ. Повышенная избирательность достигается последовательным резонансом цепи $C_вL_п$.

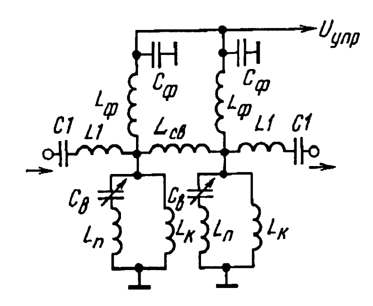


Рис. 34. Электрическая схема полосового фильтра с перестройкой частоты варикапом

Синхронную перестройку обоих контуров обеспечивают

подачей разных смещений на варикапы или подбором пары диодов с близкими вольтфарадными характеристиками.

Смеситель ресивера (второй смеситель) может быть выполнен по балансной схеме на одном биполярном транзисторе (рис. 35). Транзистор включен по схеме с общей базой, которая обеспечивает более равномерную передаточную характеристику в полосе 0,95...1,75 ГГц. Входной сигнал и напряжение гетеродина подаются на эмиттер. Оптимальный режим по постоянному току $I_К \approx 1$ мА обеспечивается резисторами R1—R4. На выходе смесителя включен трехэлементный П-образный фильтр, подавляющий побочные компоненты (сигналы гетеродина и ПЧ1) и согласующий высокоомный выход смесителя (около 200 Ом) с 50-омной линией. Резистор R3 расширяет полосу фильтра ПЧ2 до требуемого значения.

Возможно применение в ресивере СТВ балансного смесителя на ДБШ. Принципиальная схема такого смесителя на отрезках коаксиального кабеля с выходной промежуточной частотой 450 МГц приведена на рис. 36. В схеме этого ресивера используется третье преобразование принимаемых сигналов на частоту 70 Мгц.

Перестраиваемый гетеродин. При выборе частоты гетеродина выше частоты сигнала общая полоса перестройки будет около 800 МГц (частота гетеродина изменяется в пределах 1,75...2,55 ГГц).

В диапазоне частот выше 1 ГГц применяют транзисторные генераторы с магнитной перестройкой частоты на основе ферритовых резонаторов и схемы генераторов с перестройкой частоты с одним, двумя и даже тремя варикапами.

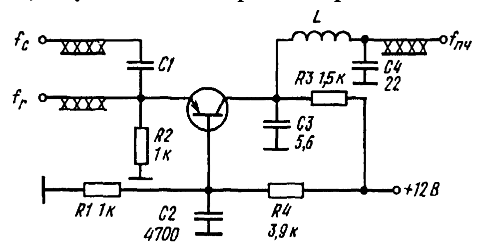


Рис. 35. Схема смесителя на биполярном транзисторе

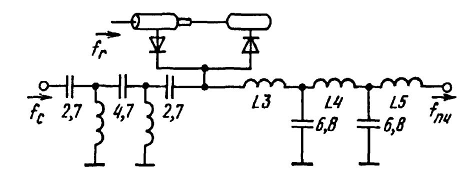


Рис. 36. Диодный смеситель ресивера на отрезках коаксиального кабеля

Генераторы с магнитной перестройкой, обеспечивая диапазон перестройки до октавы, требуют стабилизации, применения специальных мер по настройке на желаемую частоту и потребляют довольно большую мощность по цепям управления.

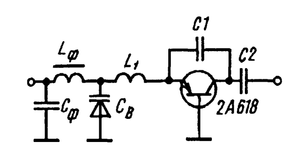


Рис. 37. Схема перестраиваемого гетеродина с одним варикапом

Вариант схем перестраиваемого гетеродина с одним варикапом приведен на рис. 37.

Частотно-задающая цепь образуется индуктивностью L1 и емкостью варикапа $C_в$, цепь $L_ф C_ф$ служит для подачи напряжения питания и управления. Такой генератор с варикапами КВ109 или 2А618 может перестраиваться до 400...500 МГц вверх от частоты 800...900 МГц, при этом выходная мощность изменяется не более чем на 3 дБ. Начальная частота диапазона устанавливается элементами L1 или C1.

Для реализации перестройки генератора в полосе 800 МГц (от 1,75 до 2,55 ГГц) при использовании одного варикапа применяют два—три коммутируемых по мере необходимости простых гетеродинов с перекрытием полосы 300...400 МГц каждый.

В радиолюбительских условиях легче выполнить два—три коммутируемых генератора.

Элементы ресивера, включающие блоки ПФ и УПЧ2, образуют ПЧ2. Для монтажа этого блока обычно используют платы из стеклотекстолита, применяя бескорпусные резисторы и конденсаторы, специально приспособленные для поверхностного монтажа активные элементы (транзисторы и микросхемы) и печатные индуктивности. Для уменьшения паразитных наводок и излучения перестраиваемого гетеродина весь блок тщательно экранируется. К корпусу блока крепится СВЧ соединитель (типа F), по которому подаются сигнал с конвертера и питание на конвертер, а также соединители для выводов видеосигнала, ввода питания и других целей.

Тракт второй промежуточной частоты. В этот тракт входят усилитель с общим коэффициентом усиления 40...60 дБ, ограничители уровня или цепь автоматической регулировки усиления (АРУ), полосовой фильтр ПЧ2. Применяют широкополосные усилители, в которых избирательность реализуется фильтром ПЧ2, или резонансные усилители на биполярных транзисторах с резонансными контурами в каждом из каскадов. При

этом широко используют микросхемы, например M47217-2, которая содержит двухкаскадный усилитель с коэффициентом усиления до 30 дБ. Усилители на микросхемах проще в настройке, обладают большей надежностью и долговечностью.

Необходимость поддержания постоянства уровня сигнала на входе частотного демодулятора диктуется требованием получения неискаженного демодулированного видео- и звукового сигналов.

Для этого в приемниках СТВ обычно используют цепи АРУ, неотъемлемыми элементами которых являются амплитудные детекторы и усилители. В качестве усилителей с регулируемым коэффициентом усиления часто применяют специализированные микросхемы, например К174ПС4 или К174ПС1.

Динамический диапазон регулировки усиления в приемниках СТВ составляет 20...30 дБ. При настройке цепи АРУ необходимо проверить устойчивость ее работы и правильно установить полярность, в противном случае возможно самовозбуждение.

Полосовой фильтр ПЧ2 должен обеспечивать полосу пропускания 27 МГц и при отстройке на ширину полосы ослаблять сигнал не менее чем на 30 дБ, а также удовлетворять требованиям по равномерности характеристики группового времени запаздывания.

На частотах до 480 МГц используют фильтры на поверхностно-акустических волнах. Предельная частота таких отечественных фильтров не превышает 150 МГц. На частотах выше 500 МГц можно применить фильтры на коаксиально-диэлектрических резонаторах.

Частотный демодулятор. В качестве частотных демодуляторов применяют узлы на взаимно-расстроенных контурах, когда отношение сигнал/шум на входе имеет запас по сравнению с пороговым, и синхронофазовые детекторы.

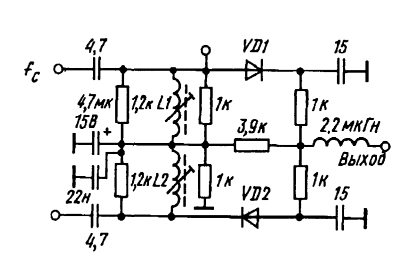


Рис. 38. Упрощенная схема частотного детектора на расстроенных контурах

Упрощенная схема частотного детектора на расстроенных контурах приведена на рис. 38. Такая схема широко распространена в радиорелейной аппаратуре, работающей на промежуточной частоте, и в приемных устройствах спутникового ТВ вещания, где при-

меняется ПЧЗ 70 МГц. Один контур настраивается на частоту около 90 МГц, второй — на частоту 50 МГц. Амплитудные детекторы на диодах VD1, VD2 включены встречно, и поэтому при частоте сигнала f_c, равной средней частоте f_{cp} = 70 МГц, на выходе продетектированное напряжение равно нулю, при отклонении f_c напряжение на выходе детектора изменяется пропорционально отклонению мгновенной частоты входного сигнала. Линейность и наклон характеристики демодулятора можно изменять резисторами, включенными параллельно индуктивностям.

При приеме сигналов на краю зоны радиовидимости и работе со связными универсальными спутниками глобальных систем EUROSAT, INTELSAT и др. эквивалентная изотропно-излучаемая мощность спутника на 8...10 дБВт меньше, чем спутников ТВ вещания. В этом случае отношение сигнал/шум на входе приемника спутникового ТВ вещания близко к пороговому и при неблагоприятных климатических условиях (ливневые дожди, высокая влажность и т.п.) может резко ухудшиться качество изображения. В таких случаях ряд зарубежных фирм в приемниках спутникового ТВ вещания применяют порогопонижающие или синхронно-фазовые детекторы, позволяющие повышать чувствительность приемника (снижать порог на 3...4 дБ).

В модуле с детектором, выполненным со следящим фильтром (рис. 39), перестраиваемый полосовой фильтр в рабочей полосе ±15 МГц имеет полосу, близкую к удвоенной полосе модулирующего сигнала, т.е. примерно в 2,5 раза меньше полосы входного сигнала.

Напряжение с выхода частотного детектора через фильтр ФНЧ воздействует через устройство перестройки УП, изменяя среднюю частоту перестраиваемого полосового фильтра ППФ в соответствии с принимаемым сигналом. Благодаря такой обратной связи по частоте ППФ всегда настраивается на ту часть спектра, которую в данный момент занимает модулированный сигнал.

Применение порогопонижающих частотных детекторов ЧД в условиях неуверенного приема позволяет снижать пороговое значение отношения сигнал/шум на 3...4 дБ.

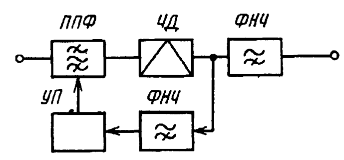


Рис. 39. Частотный демодулятор со следящим фильтром

Обработка сигналов звукового сопровождения и видео. На выходе частотного детектора получаем два сигнала: видео- и частотно-модулированную поднесущую сиг-

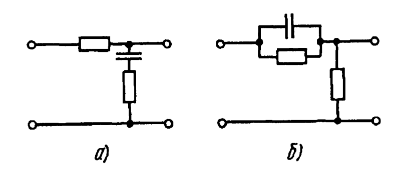


Рис. 40. Цепи восстановления (*а*) и введения предыскажения (*б*) сигнала

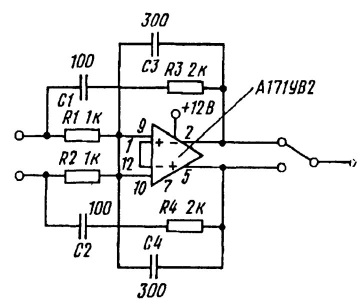
сигналами звукового сопровождения в полосе 5...9 МГц в зависимости от стандарта, в котором передается ТВ программа. В некоторых программах звуковое сопровождение идет одновременно на двух языках, а значит, и на двух поднесущих.

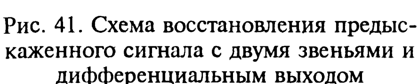
В широкополосных системах с частотной модуляцией (передача многоканальной телефонии, ТВ программ) мощность шума на выходе демодулятора повышается с увеличением частоты модуляции по закону, близкому к параболе. Это значит, что отношение сигнал/шум для верхних частот видеосигнала и поднесущих звука будет меньше, чем в низкочастотной части спектра. Для выравнивания отношения сигнал/шум по спектру перед модулятором вводят предыскажения, на выходе демодулятора восстанавливают амплитудно-частотную характеристику модулирующего сигнала. На рис. 40 представлены простейшие цепи введения (рис. 40,*б*) и восстановления предыскажений (рис. 40,*а*).

В приемниках СТВ желательно предусмотреть переключение полярности видеосигнала, так как некоторые спутники излучают сигналы с позитивной, другие с негативной полярностью. Схема восстановления с двумя звеньями и дифференциальным выходом, представленная на рис. 41, позволяет предусмотреть такую возможность.

Коэффициент передачи видеоусилителя выбирают таким, чтобы уровень сигнала на выходе был равен 1 В.

В связи с тем, что в различных ТВ стандартах применяют разные поднесущие звука, необходимо демодулятор звука настраивать на поднесущую соответствующей ТВ программы. В радиолюбительской практике можно рекомендовать использовать стандартный ЧД от модуля УПЧЗ УН1-2 отечественных ТВ приемников типа УПИМЦТ [9]. Модуль включает полосовой фильтр, настроенный на поднесущую звука, и собственно частотный детектор на микросхеме К174УР1. Плавную настройку входного фильтра на требуемую поднесущую можно реализовать, заменив контурные конденсаторы варикапами КВ105, подав на них нужное управляющее напряжение. Затем сигнал звукового сопровождения подается на УНЧ и громкоговоритель ТВ приемника (в тех приемниках, где есть такой вход) или на блок формирования стандартного ТВ сигнала в метровом или дециметровом диапазоне и далее подводится к антенному входу телевизора.




Рис. 41. Схема восстановления предыскаженного сигнала с двумя звеньями и дифференциальным выходом

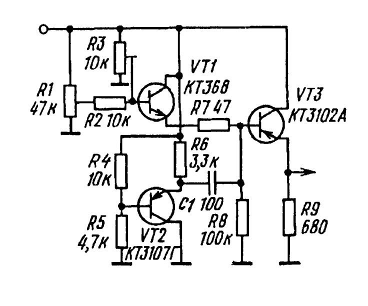


Рис. 42. Схема исключения сигнала дисперсии

В ресиверах, выпускаемых зарубежными фирмами, сигналы разных поднесущих звука путем гетеродинирования переносятся на промежуточную частоту 10,7 МГц. Далее эти сигналы усиливаются до необходимого уровня и демодулируются.

Схемы исключения сигнала дисперсии. Дисперсия (размывание) спектра ТВ сигнала вводится на передающей стороне для того, чтобы избежать появления составляющих с большой амплитудой в некоторых сюжетах изображения.

Для этого к стандартному ТВ сигналу подмешивают пилообразный сигнал дисперсии с частотой 1...30 Гц. При правильном выборе частоты и амплитуды сигнала дисперсии спектральная компонента дробится на ряд составляющих со значительно меньшими амплитудами. В соответствии с рекомендациями Всемирной административной конференции по радио введение сигнала дисперсии обеспечивает уменьшение интенсивности помехи в полосе телефонного канала шириной 4 кГц на 22 дБ.

На рис. 42 приведена схема узла исключения сигнала дисперсии. Привязка уровня обеспечивается устройством, собранным на транзисторе VT1. На входе и выходе включены эмиттерные повторители на транзисторах VT2 и VT3. С выхода первого эмиттерного повторителя видеосигнал через конденсатор C1 попадает на эмиттер транзистора VT1. Уровень привязки значительно превышает пороговое напряжение база-эмиттер VT1. Он открывается лишь во время действия отрицательных пиков напряжения, в течение которых напряжение с делителя R1—R3 прикладывается к базе VT3 и заряжает конденсатор C1. Постоянная времени заряда мала из-за малого значения резистора R7. Когда транзистор VT1 закрыт, конденсатор практически не разряжается за счет большой постоянной времени цепи C1 R8, и на выходе сохраняется постоянное напряжение, т.е. воспроизводится постоянная составляющая видеосигнала. Резистор R3 обеспечивает грубую регулировку уровня постоянной составляющей, а резистор R1 — плавную.

Таблица 4. **Параметры спутниковых ресиверов, выпускаемых фирмами Западной Европы и Англии**

Параметр	SL−800RP	RFTSAT 3100	Goldstar Quisy 55	Lasat LS9300	SQ590E (Япония)	SRP500T	PRS900 ф.PACE	PACE MSS138G*	PACE MSS534GP**
Число принимаемых каналов	500	300	99	320	1000	400	199	250	250
Диапазон входных частот, ГГц	0,95...2,05	0,92...2,15	0,95...2,05	0,95...2,05	0,95...2,05	0,95...2,15	0,95...2,05	0,70...2,15	0,70...2,15
Ширина полосы ПЧ2, МГц	32/27	27/18	27	36/27/18	27/18	36/27	27	27/15	27/15
Уровень входных сигналов, дБВт	−60...−90	−60...−90	−60...−90	−60...−90	−60...−90	−60...−90	−60...−90	−60...−90	−60...−90
Диапазон поднесущих частот, МГц	5,5...9,5	5,4...9,4	5...9,0	5...9,99	5...9,0	5,0...9,9	5...9	5,0...9,0	5,0...9,0
Шаг сетки поднесущих, кГц	−	10	10	10	−	−	−	−	−
Ширина полосы на звуковых поднесущих, кГц	150; 180 и 600	130...600	−	−	150; 280; 450	150; 280; 500	150...500	150...500	150...500

Окончание табл. 4

Параметр	SL–800RP	RFTSAT 3100	Goldstar Quisy 55	Lasat LS9300	SQ590E (Япония)	SRP500T	PRS900 ф.PACE	PACE MSS138G*	PACE MSS534GP**
Предыскажения в канале звука	50 μ s; j17	50; 75 μ s; j17	50 μ s	50 μ s; j17	50 μ ; j17	50 μ ; j17	50	50 μ ; j17	50 μ ; j17
Телевизионный стандарт	PAL; MAC	PAL; MAC	PAL; MAC	PAL	PAL; MAC	–	PAL	PAL, MAC	PAL, MAC
Напряжение управления поляризацией, В	14/18	0/12	13/18	14/18	14/18	0/13/18	13/17	13/17	13/17
Потребляемая мощность (прием/деж, Вт)	–	16/6	–	34	–	–	–	–	–
Возможность работы в С диапазоне	–	Да	–	–	Ku/C/S	–	Нет	Да	Да
Наличие встроенного позиционера	–	–	–	Да	Да	–	–	Нет	Да

* Имеется два входа, дистанционное управление на частоте 22 кГц, экранное меню, таймер.

** К функциям 138G дополнительно имеется: управление механическим и магнитным поляризаторами, многофункциональный люминесцентный дисплей, позиционер с автофокусом.

В табл. 4 приведены основные технические параметры ресиверов, выпускаемые некоторыми фирмами Западной Европы и стран СНГ. Следует иметь в виду, что в последнее время на европейском рынке спутниковой аппаратуры успешно конкурируют фирмы США, Японии, Южной Кореи, Тайваня.

Радиолюбительский ресивер конструкции В.Ботвинова

Структурная схема тюнера [9] рис. 43 отличается от рассмотренной в начале раздела номиналами промежуточных частот $f_{\text{Пч1}}$ = 470...790 МГц, $f_{\text{Пч2}}$ = 70 МГц и несколько меньшими возможностями по приему ТВ сигналов со спутников за счет сужения полосы принимаемых сигналов с 800 до 320 МГц. Кроме того, в ней довольно широко используются узлы и блоки, применяемые в системах наземного ТВ вещания.

Не предусматривается также последнее преобразование видео- и звуковых сигналов для реализации возможности подачи принятой со спутника программы на антенный вход бытового ТВ приемника.

В качестве входного широкополосного усилителя сигнала ПЧ1 (блок У1 на рис. 44) рекомендуется применять промышленный антенный усилитель УТДИ-IV-V, изменив в нем схему подачи питающего напряжения: вместо высокочастотного соединителя это напряжение необходимо подвести через проходной конденсатор емкостью 500...3300 пФ. Усиленный сигнал ПЧ1 подводится к блоку селектора каналов типа СКД-1 (блок У2), который в данной схеме играет роль преобразователя сигналов ПЧ1 в ПЧ2, равную 70 Мгц.

С учетом того, что блок СКД-1 и другие промышленные ДЦВ преобразователи имеют полосу пропускания 10...12 Мгц вместо требуемой 27...36 МГц, в схему блока необходимо внести следующие изменения.

В конструкции блока элемент связи L9 (индексы приводятся в соответствии со схемой СКД-1) заменить на другой (рис. 44,*а*).

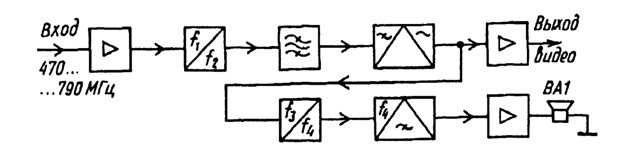


Рис. 43. Структурная схема ресивера [9]

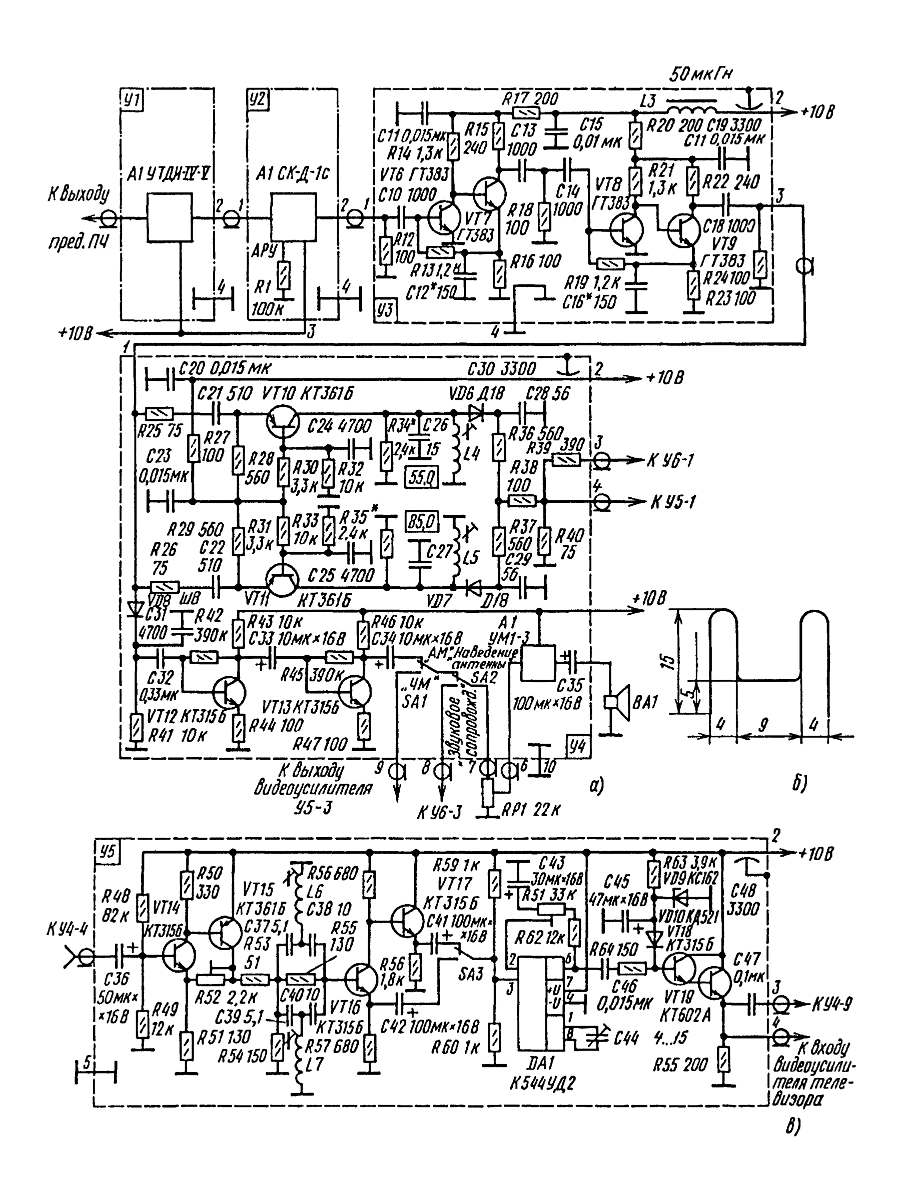


Рис. 44. Принципиальные схемы второго преобразователя, УПЧ2, общего демодулятора (*а*) и видеоусилителя (*б*)

Частота гетеродина преобразователя DA2 определяется настройкой колебательного контура, составленного из элементов L10, C59—C61 и емкости варикапной матрицы VD11 (КВС111) и устанавливается в пределах 16,7...18,2 МГц (рис. 45,*а*).

Установку необходимой частоты выполняют изменением управляющего напряжения на варикапной матрице переменным резистором RP2. На выходе преобразователя DA2 (К174ПС1) частота устанавливается равной 10,7 МГц. На выходе усилителя VT21 (КТ315Б) используется стандартный фильтр сосредоточенной селекции Z1 типа ФП1П-049.

Усилитель поднесущей звука и частотный детектор выполнены на микросхеме DA3 (К174УР1). С выхода частотного детектора сигнал звукового сопровождения подводится к усилителю звуковой частоты бытового ТВ приемника и к переключателю SA2 устройства наведения антенны (блок У4 рис. 44,*а*).

В качестве сетевого блока питания применяют два однотипных блока от магнитофона "Весна-2", но у одного из них заземляется минус (напряжение питания +10 В), а у другого заземляется плюс (напряжение питания —10 В). Схема приемной установки допускает замену одних транзисторов другими. Например, транзисторы КТ383 без ухудшения качества приема можно заменить КТ368, КТ371, КТ372, транзисторы КТ315—КТ3102, КТ361—КТ3107 с любыми буквенными индексами. В качестве блокировочных конденсаторов можно использовать конденсаторы типа КМ или КЛС, разделительных — КТ, КД, КМ, КЛС или К10-17.

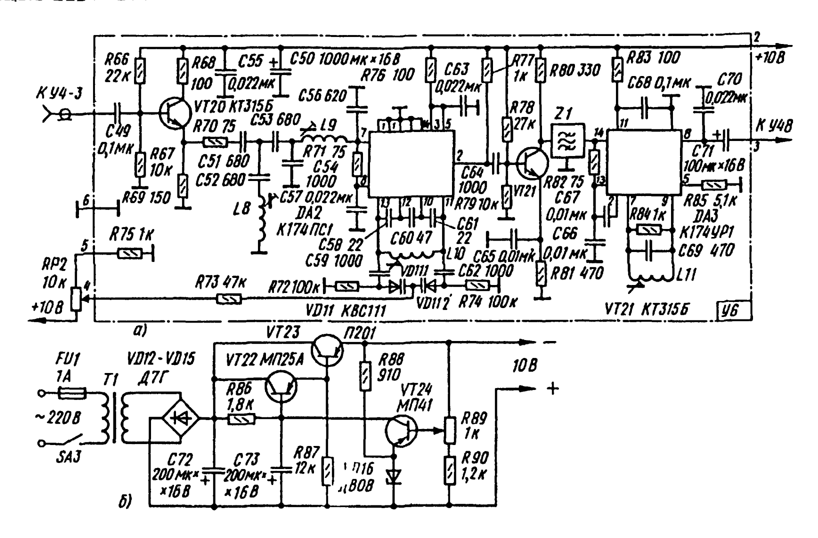


Рис. 45. Схемы частотного демодулятора звука (*а*) и блока питания (*б*)

В блоке ПЧ2 (блок У3 на рис. 44,*а*) в качестве индуктивности L3 можно использовать дроссель ДМ-0,1 на 30 мкГн.

Индуктивности L4 и L5 (схема частотного демодулятора блока У4) выполнены проводом ПЭВ-2(0,4) на каркасах из полистирола диаметром 5 мм, подстроечные сердечники — из латуни. Индуктивность L4 имеет 6 витков, L5 — 4 витка. Показанная на рис. 44,*б* индуктивность выполняется проводом ПЭЛ 0,64.

2. Катушку L8 заменить другой, намотанной на том же каркасе с такими данными: 10 витков провода ПЭ-2 (0,27) накладывается с шагом около 1 мм (общая длина намотки должна быть около 10 мм).

3. Параллельно полосковым линиям индуктивностей L4 и L5 подключить резисторы 2,7...3,3 кОм между точками их включения L4 и L5 и общей шиной питания.

При таких доработках полоса частот СКД-1 увеличивается до 25...30 МГц. Средняя частота устанавливается равной 70 МГц (вместо 35 МГц) путем увеличения частоты гетеродина до 540...860 МГц. Усилитель ПЧ2 (блок У3) выполнен на транзисторах VT6-VT9 (см. рис. 44,*а*). Для выравнивания коэффициента усиления в цепь эмиттеров VT7 и VT9 включены корректирующие конденсаторы С12 и С16, точные номиналы которых подбирают при регулировке.

Конструкция блока У3 выполняется навесным монтажом в латунной коробке с использованием опорных монтажных стоек — площадок с габаритными размерами 3x4 мм, выполненных из фольгированного стеклотекстолита. Общий демодулятор тюнера (блок У4) работает на транзисторах VT10 и VT11, включенных по двухтактной схеме. В коллекторные цепи транзисторов (тип КТ316Б) включены взаимно расстроенные контуры L4 C26 R34 ($f_{ср}$ = 55 МГц) и L5 C27 R35 (85 МГц). Резисторы R34 и R35 подбирают при регулировке для того, чтобы получить требуемые линейность и крутизну характеристики частотного детектора. Напряжение с выхода частотного детектора подводится к блоку видеоусилителя У5 и к блоку выделения сигнала звукового сопровождения (У6 на рис. 45).

Выходной сигнал УПЧ2 через диод VD8 подается на устройство контроля наведения антенны. Оно включает усилители шумоподобного сигнала (транзисторы VT12, VT13 типа КТ315Б).

Полный ТВ сигнал, включающий видео- и звуковой сигналы на поднесущей, подается на входной каскад на транзисторах VT14 и VT15 (см. рис. 44,*в*). Коэффициент усиления входного каскада регулируется подстроечным резистором R52. Фильтр нижних частот на элементах L6, C37, C38, L7, C39, C40 огра-

ничивает полосу пропускания видеоусилителя $F_в$ = 5 МГц. Парафазный усилитель (VT16) позволяет выбирать необходимую полярность сигнала с помощью переключателя SA3 и эмиттерного повторителя на транзисторе VT17. Далее сигнал усиливается операционным усилителем DA1 (К544УД2), коэффициент передачи которого определяется цепью отрицательной обратной связи R61 R62 C43. Конденсатор C44 служит для коррекции усиления на поднесущей цветности (4,43 МГц). Эмиттерный повторитель на транзисторах VT18 и VT19 выполняет функции согласования между усилителем приемника СТВ и входом видеосигнала бытового ТВ приемника. Для выравнивания амплитуды видеосигнала на входе эмиттерного повторителя включен ограничитель на полупроводниковых диодах VD9 и VD10. Часть сигнала с выхода видеоусилителя подводится к переключателю SA2 на блоке У4 для звуковой индикации наведения антенны на спутник.

Принципиальная схема блока выделения звука приведена на рис. 45,*а*. Сигнал с выхода демодулятора (блок У4 рис. 44,*а*) поступает на вход согласующего эмиттерного повторителя в блоке У6 на транзисторе VT20 (КЗ15Б), далее сигнал проходит фильтр верхних частот L8 C51-C53 L9 C54 C56, пропускающий сигнал в полосе 5,5...7,5 МГц, и попадает на преобразователь частоты, работающий на микросхеме DA2 (К174ПС1).

В блоках видеоусилителя и выделения звука индуктивности L6—L11 выполнены на полистироловых каркасах с внешним диаметром 6 мм, для подстройки применяются карбонильные сердечники типа СБ-12а.

Индуктивности L6 L7 имеют 60 и 70 витков, намотанных проводом ПЭВ-2 (0,12) вплотную, индуктивности L8—L11 — 25, 20, 20 и 8 витков, намотанных проводом ПЭВ-2 0,4. Намотку выполняют виток к витку.

Рекомендации по настройке и регулировке приемной установки. Для ее настройки необходимо иметь следующие измерительные приборы:

волномер с диапазоном рабочих частот до 11 ГГц;

генератор сигналов с f $\geq$ 1,5 ГГц (для работы используют гармоники частоты генератора);

измеритель частотных характеристик с диапазоном перестройки до 900 МГц (Х1-7Б или Х1-50).

Рассмотрим общие принципы проведения регулировочных работ.

1. Перед началом регулировки следует тщательно проверить правильность монтажа регулируемого узла. После этого проверить наличие всех напряжений и их значения при подключении

эквивалентной нагрузки, близкой к реальному потреблению приемного устройства СТВ по постоянному току.

2. Настроить узел выделения сигналов звукового сопровождения (У6). Для этого на его вход подать сигнал от генератора с ИЧХ (Х1-7Б или Х1-50) в полосе 4...10 МГц. Исследуемый сигнал снимается через детекторную головку с вывода 7 микросхемы DA2. Подстраивая катушки L8, L9, установить полосу пропускания полосового фильтра в пределах 1,5...2 МГц при средней частоте 7 МГц.

Установить частоту гетеродина, выполненного на микросхеме DA2 в полосе 16,7...18,2 МГц. Это достигается регулировкой напряжения переменным резистором RP-2, подводимым к варикапам VD11, или подстройкой переменной индуктивности L10, а также подбором сопротивления резистора R75. Затем на вход ИЧХ без детекторной головки подать сигнал с вывода 8 микросхемы DA3 и подстройкой индуктивности L8 добиться того, чтобы линейный участок характеристики частотного детектора был в полосе 6...7 МГц.

При отсутствии указанных приборов настройку производят по сигналам звукового сопровождения по одному из ТВ каналов сети вещания. Однако в этом случае качество сигнала может быть не оптимальным.

Блок видеоусилителя (У5) настраивают при полосе качания ИЧХ в пределах 0...10 МГц. Изменением индуктивностей L6 и L7 фильтра настраивают один из контуров на поднесущие частоты звука 5,5 и 6,5 МГц, тем самым добиваясь минимального влияния на канал видеосигналов звукового сопровождения.

Максимальный коэффициент передачи видеоусилителя устанавливается резисторами R52 и R61, подстройкой конденсатора С44 может быть скорректирована частотная характеристика видеоусилителя в пределах 4,2...5 МГц.

На вход демодулятора полного ТВ сигнала (блок У4 — верхняя часть схемы на рис. 44) подводится сигнал с ИЧХ с полосой качания 40...100 МГц, а выход демодулятора соединяется с низкочастотным входом ИЧХ. Регулировкой индуктивностей L4 и L5 добиться S-образной характеристики ЧД с вершинами вблизи 55 и 85 МГц при средней частоте 70 МГц. Для улучшения линейности характеристики ЧД можно воспользоваться подбором резисторов R34, R35, подключенных параллельно настраиваемым контурам.

При настройке блоков У1-У3 сигнал последовательно подается сначала на вход УПЧ2 (блок У3), затем на вход блоков У2 и У1. Сигнал от ИЧХ меняется в диапазоне 40...100 МГц. Подбором конденсаторов С12 и С16 настраивают блок У3 на частотах 70...85 МГц.

Затем сигнал ПЧ1 подают на вход блока У2 (СКД-1С), а контролируют его на выходе демодулятора.

В случае отсутствия необходимых приборов работу ресивера можно проверить при приеме сигналов местного телецентра в дециметровом диапазоне. Для этого к входу селектора каналов (вход блока У2) подключают кабель от антенны ДЦВ.

Радиолюбительский ресивер конструкции А.Гольцова

Структурная схема ресивера показана на рис. 46. Сигнал с наружного блока через 30-метровый кабель поступает на широкополосный усилитель с полосой частот 950...1750 МГц и коэффициентом передачи около 20 дБ.

С усилителя 1 сигнал подводится к перестраиваемому фильтру 2, сопряженному с гетеродином 3. Частота гетеродина изменяется в пределах 815...1615 МГц. После смесителя сигнал с частотой 135 МГц усиливается в регулируемом по цепи АРУ усилителе 6 и поступает на электронный ключ 7, включающий фильтры 8 или 9. Эти фильтры имеют разные полосы пропускания. Сигнал с выходов фильтров 8, 9 через электронный ключ 10 подводится к усилителю 11, с выхода которого одновременно подается на детектор АРУ 13 и усилитель-ограничитель 12. С выхода последнего сигнал поступает на общий демодулятор 15, который одновременно выполняет функции детектора сигнала системы автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ).

Выход детектора АРУ 13 подсоединен к усилителю постоянного тока 14, который, воздействуя на затвор полевого транзистора, регулирует коэффициент усиления каскада 6.

Демодулированный ТВ сигнал после усиления в блоке 16 подводится к фильтру нижних частот 17, выделяющий видеосигнал и далее проходит последовательно еще три каскада усиления (18—20). В блоке 19 наряду с усилением при необходимости изменяется полярность сигнала. В блоке 21 устраняются сигналы дисперсии, предназначенные для уменьшения помех от спутников телевизионного вещания радиорелейным и спутниковым системам радиосвязи.

С выхода общего демодулятора 15 сигнал одновременно подводится к полосовому фильтру 26, выделяющему каналы звукового сопровождения с поднесущими от 5 до 8 МГц.

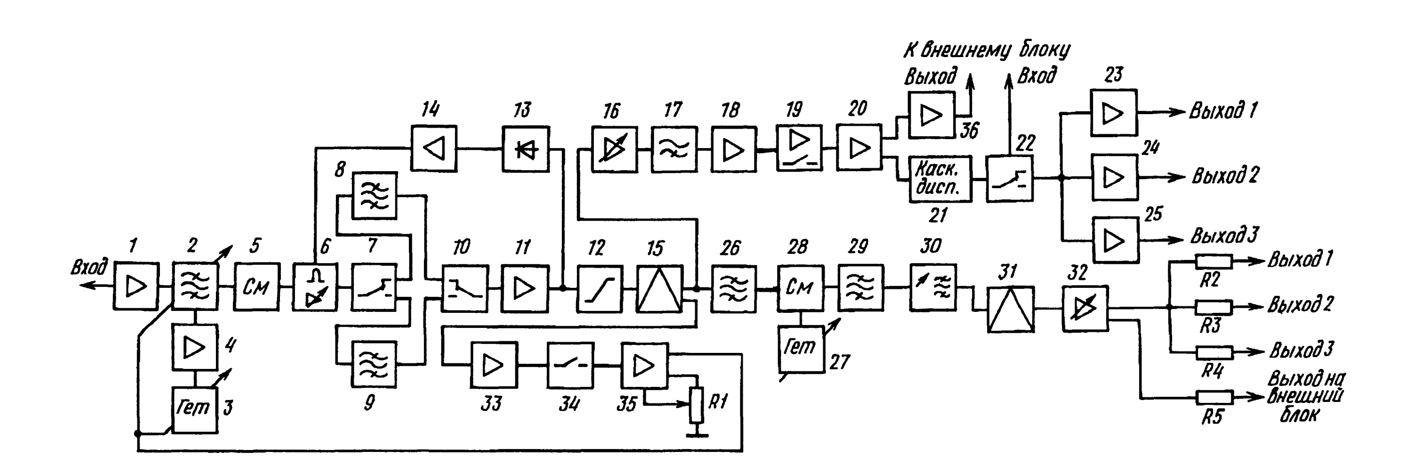


Рис. 46. Структурная схема ресивера [10]

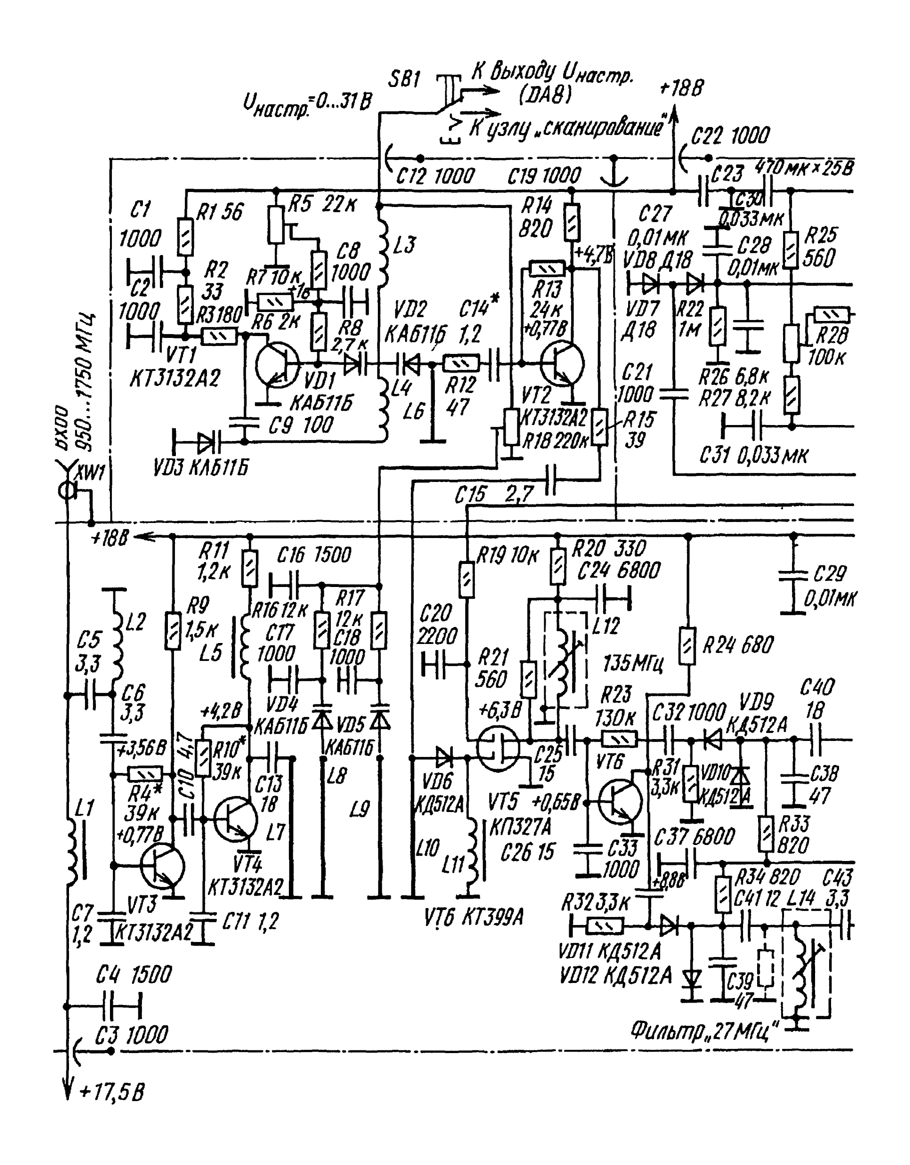
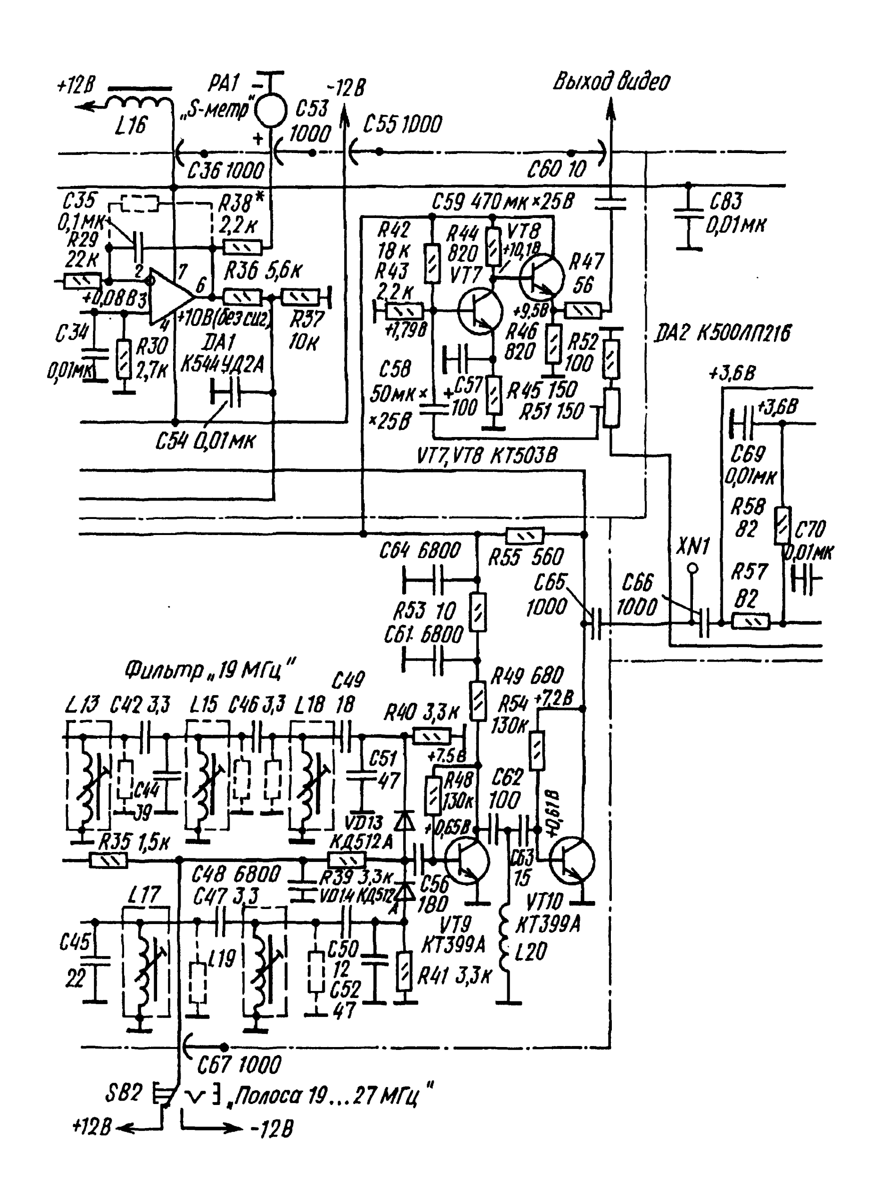


Рис. 47. Принципиальная схема

В преобразователе частоты 27, 28 (гетеродин и смеситель) звуковые сигналы на разных поднесущих переносятся на частоту 10,7 МГц и демодулируются в блоке 31. После усиления в блоке 32 сигнал звукового сопровождения подводится через резисторы R2—R4 к выходам 1—3. Принципиальная схема высокочастотной части ресивера приведена на рис. 47. Приходящий на вход ресивера сигнал в полосе 950...1750 МГц усиливается



высокочастотного узла ресивера [10]

предварительным двухкаскадным усилителем на транзисторах VT3, VT4 (КТ3132А2), общий коэффициент усиления которого около 20 дБ. На входе усилителя установлен фильтр C5L2C6C7, корректирующий амплитудно-частотную характеристику. На верхних частотах завал АЧХ составляет около 4 дБ. Это объясняется влиянием паразитных емкостей монтажа и транзисторов. Дан-

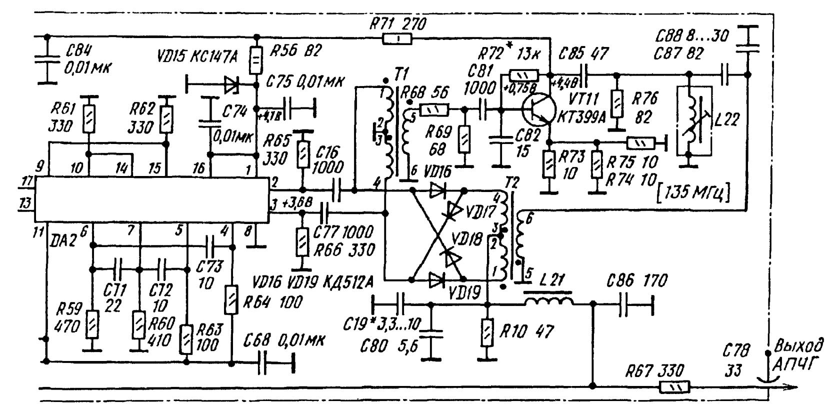


Рис. 47. (Окончание)

ный фильтр также играет роль согласующего устройства входа усилителя с кабелем.

При монтаже усилителя рекомендуется выводы радиокомпонент схемы укоротить до 1,5 мм, входной соединитель XW1 и фильтр необходимо установить на минимально возможном расстоянии от усилительного каскада VT3.

На выходе усилителя VT3, VT4 установлен фильтр, образованный индуктивностями L7—L10 и варикапами VD4, VD5. Полосу пропускания фильтра на уровне 3 дБ следует выбирать не менее 30 МГц, регулировка ее достигается изменением расположения петли связи L7 L10 с линиями L8, L9. Фильтр обеспечивает подавление зеркального канала более 30 дБ. Переменный резистор R18 предназначен для подстройки фильтра на верхней частоте полосы 950...1750 МГц. При нулевом напряжении на варикапах VD4, VD5 резонансная частота фильтра устанавливается равной 925 МГц.

Гетеродин преобразователя частоты собран на транзисторе VT1 (КТ3132А2), частота его может изменяться в пределах 1060...1935 МГц. Нижняя частота устанавливается изменением индуктивности L4 и подстроечным резистором R5. Верхняя частота гетеродина VT1 определяется во многом длиной выводов радиодеталей схемы, особенно конденсатора C9 и варикапа VD3, а также индуктивностью и добротностью катушки L3. Топология стеклотекстолитовой платы гетеродина рассчитана на толщину платы 1 мм.

Буферный каскад на транзисторе VT2 (КТ3132А2) предназначен для усиления и выравнивания амплитуды сигнала гетеродина, а также для развязки с перестраиваемым фильтром L4 VD3. С буферного усилителя VT2 через цепь R15 C15 сигнал

напряжением не менее 0,5 В поступает на диодный смеситель VD6 (КД512А). Сигнал ПЧ с f = 135 МГц далее поступает на один из затворов полевого транзистора VT5 (КП327А). Другой затвор этого транзистора используется для регулировки усиления цепи АРУ с глубиной до 40 дБ. Глубина регулировки 40 дБ определяется значительным разбросом уровней сигналов от различных спутников.

Контур L12 C25 C26 в цепи стока транзистора VT5 с полосой около 100 МГц выделяет сигнал ПЧ 135 МГц. После усиления каскадом на транзисторе VT6 сигнал ПЧ поступает на один из фильтров: либо с полосой 27 МГц, либо с полосой 19 МГц (для приема сигналов спутника ASTRA, имеющего меньшую девиацию).

Амплитудно-частотная характеристика каждого из этих фильтров формируется тремя взаимно расстроенными контурами. Переключатель SB2 (рис. 47) при подаче напряжения +12 В включает фильтр с полосой 19 МГц, а при подаче —12 В — фильтр с полосой 27 Мгц.

Затем сигнал усиливается транзисторами VT9 и VT10 (КТ399А) и далее детектируется диодами VD7 и VD8 и одновременно поступает на вход ограничителя DA2 (К500ЛП216).

Микросхема DA1 (К544УД2А) в цепи АРУ выполняет функции усилителя постоянного тока. На инвертирующий вход 2 поступает сигнал с детектора АРУ (Д18), а на неинвертирующий 3 — напряжение с подстроечного резистора R26. Этот резистор позволяет устанавливать порог срабатывания ограничителя, который должен быть несколько больше чувствительности приемника, определяемой шумами конвертера.

При слабом сигнале напряжение АРУ составляет примерно 10 В, и тракт ПЧ полностью открывается. При сильном сигнале напряжение АРУ становится отрицательным, и транзистор VT5 подзакрывается. Конденсатор C35 и резистор R38 служат для регулировки постоянной времени цепи АРУ. На выходе микросхемы DA1 включен стрелочный прибор (S-метр). Он служит для индикации уровня сигнала при выполнении работы по наведению антенны на заданный спутник. Ограничитель DA2 обеспечивает на выходе уровень сигнала 250...300 мВ необходимый для нормальной работы демодулятора.

В демодуляторе используют детектор отношений, удовлетворительно работающий при отношении сигнал/шум на входе около 9 дБ. Схема детектора состоит из перемножителя на диодах VD16—VD19 (КД512А) и усилителя VT11 (КТ399А). Петля с усилителем на тразисторе VT11, в коллекторной цепи которого включен резонансный контур L22 C87 C88, настроенный на частоту 135 МГц, осуществляет сдвиг фазы сигнала. Характеристика

демодулятора линейна в полосе частот 120...150 МГц. Широкополосные трансформаторы Т1, Т2 выполнены на ферритовых тороидальных магнитопроводах.

Демодулятор имеет два выхода: один для управления схемой автоматической подстройки частоты гетеродина (АПЧГ), со второго выхода сигнал через регулятор уровня R15 и видеоусилитель на транзисторах VT7, VT8 (КТ503В) поступает на вход низкочастотной части ресивера (рис. 48). Размах ТВ сигнала на выходе видеоусилителя VT7, VT8 20...30 мВ.

Принципиальная схема низкочастотной части ресивера, включающего тракт видео- и звуковых сигналов, представлена на рис. 48. (Ряд цепей, показанных на схеме, необходимо соединить с узлами и элементами ВЧ части ресивера (см. рис. 47). Для удобства монтажа на схеме эти цепи отмечены цифрами в кружочках. На монтажной плате (рис. 56) им соответствуют штырьки, которые имеют те же самые номера.)

С выхода общего демодулятора полный ТВ сигнал разветвляется: видеосигнал проходит фильтр, образованный элементами L25—L27, С95—С101, R84—R91 и подводится к усилителю VT13· (КТ326БМ), а сигнал звука на поднесущих 5...8 МГц поступает на эмиттерный повторитель VT12 (КТ503В).

Фильтр в цепи видеосигнала играет двоякую роль: не пропускает поднесущие частоты звука и восстанавливает АЧХ видеосигнала, предыскаженную на передаче. Восстанавливающий фильтр видеосигнала соответствует рекомендациям МККР. Для получения требуемого коэффициента передачи на частоте 50 Гц емкость переходного конденсатора С104 на входе усилителя VT13 должна быть не менее 50 мкФ.

Далее видеосигнал усиливается каскадами VT14, VT15 (КТ503В) и поступает на двунаправленные ключи микросхемы DA4 (К561КТ3). Один из ключей увеличивает усиление VT13 на +4 дБ с помощью переключателя SB5 при приеме сигналов с пониженной девиацией (спутник ASTRA), а с помощью переключателя SB2 меняет полосу, устанавливая полосу 19 или 27 МГц. Для удобства коммутации переключатели SB2 и SB5 можно совместить.

На других ключах микросхемы DA4 работает коммутатор полярности сигнала. Коммутация обеспечивается переключением эмиттеров транзисторов VT14 и VT15, где фазы видеосигнала отличаются на 180°. При приеме открытых программ видеосигнал имеет положительную полярность, а при декодировании закрытых программ может потребоваться переключение полярности.

Далее видеосигнал усиливается каскадами на транзисторах VT16, VT17, VT19 (КТ503В) и через усилитель на транзисторе

VT21 (КТ503В) попадает на выход, предназначенный для подключения внешнего блока — декодера, а также через конденсатор С146 подводится к схеме компенсации сигнала дисперсии.

Сигналы дисперсии в ТВ канале обычно имеют пилообразную форму и следуют с частотой 1...50 Гц. На осциллограмме сигнал каждого полукадра оказывается наклоненным по вертикали.

Устройство привязки уровня (или компенсации сигнала дисперсии) в данном ресивере образовано элементами С146, С147, VD30 и VD31.

Переходный конденсатор С146 емкостью 0,1 мкФ не пропускает низкочастотные составляющие, а стабилитрон VD31 устраняет наклон нижних площадок синхронизирующих импульсов. Полное подавление сигналов дисперсии происходит за счет схемы АПЧ, постоянная времени которой выбрана равной 0,01 с.

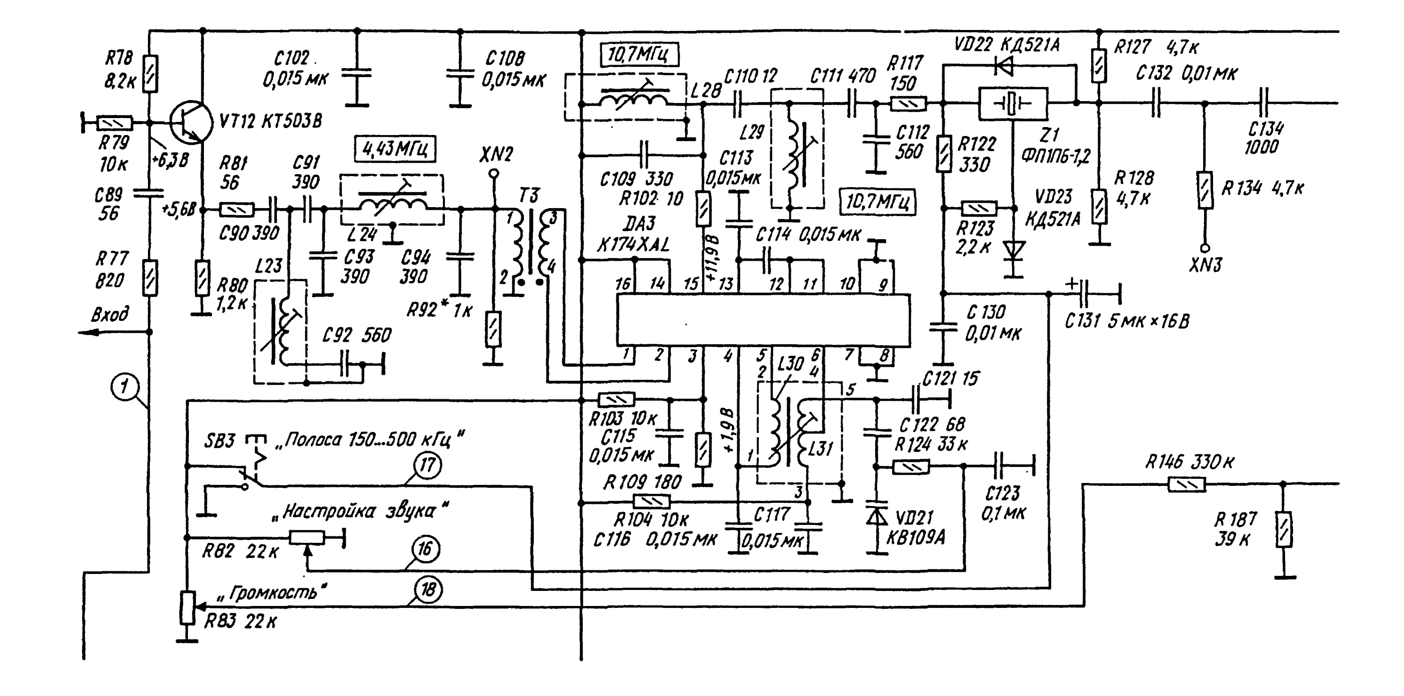
Микросхема DA7 (К561КТ3) подключает входы трех мощных эмиттерных повторителей на транзисторах VT23—VT25 к выходу схемы компенсации сигнала дисперсии или к выходу наружного блока.

В канале звукового сопровождения отфильтрованный высокочастотный сигнал на поднесущих приходит на базу транзистора VT12 (КТ503В) эмиттерного повторителя, с выхода которого, пройдя полосовой фильтр L23 L24 С90—С94 R92, поступает на преобразователь частоты, выполненный на микросхеме DA3 (К174ХА2). Функциональной задачей преобразователя является приведение разных поднесущих (в различных ТВ стандартах) к единой частоте 10,7 МГц. Выводы 4-6 микросхемы DA3 служат для подключения цепей гетеродина, к выводам 1, 2 подключен выход полосового фильтра, выделяющего сигналы звукового сопровождения в полосе 5...8 МГц.

Фильтрация этих сигналов на поднесущей 10,7 МГц производится фильтрами С109 L28 и L29 С111 С112, соединенными между собой конденсатором С110, от емкости которого зависит ширина полосы пропускания канала звука. Для монофонического сигнала полоса этого фильтра должна быть 300...350 кГц. Для приема стереофонических сигналов, передаваемых на разных поднесущих, необходимо иметь два пьезоэлекрических фильтра Z1 с разносом частот 180 кГц и соответственно два демодулятора.

Последующая часть узла канала звука выполнена на микросхеме DA6 (К176УР4), содержащей усилитель-ограничитель и предварительный усилитель. Контур L32 С152, подключенный к выводам 7, 9 DA6, настроен на среднюю частоту 10,7 МГц.

Продетектированный сигнал звуковой частоты далее подводится к операционному усилителю DA9 (К544УД2), где доводится до уровня 500 мВ, и через резисторы R174-R176 поступает на выходные гнезда 21—23 (XW5—XW7).



R78
8,2к
R79
10к
VT12 КТ503В
+6,3В
C89
56
+5,6В
R77
820
Вход
R80
1,2к
R81
56
C90 390
C91
390
L23
C93
390
C92 560
4,43МГц
L24
C94
390
R92* 1к
XN2
T3
C102
0,015 мк
C108
0,015 мк
10,7МГц
L28
C109 330
R102 10
DA3
К174ХА1
C110 12
C113
0,015мк
L29
C111 470
R117
150
C112
560
10,7МГц
C114 0,015 мк
+11,9В
VD22 КД521А
Z1
ФП1П6-1,2
R122
330
R123
2,2к
VD23
КД521А
R127 4,7к
R128
4,7к
C132 0,01 мк
C134
1000
R134 4,7к
XN3
C130
0,01 мк
C131 5 мк×16В
L30
L31
C121 15
C122 68
R124 33к
C123
0,1 мк
VD21
КВ109А
R103 10к
C115
0,015 мк
+1,9В
R109 180
R104 10к
C116 0,015 мк
C117
0,015 мк
SB3 „Полоса 150...500 кГц"
„Настройка звука"
R82 22к
„Громкость"
R83 22к
R146 330к
R187
39к

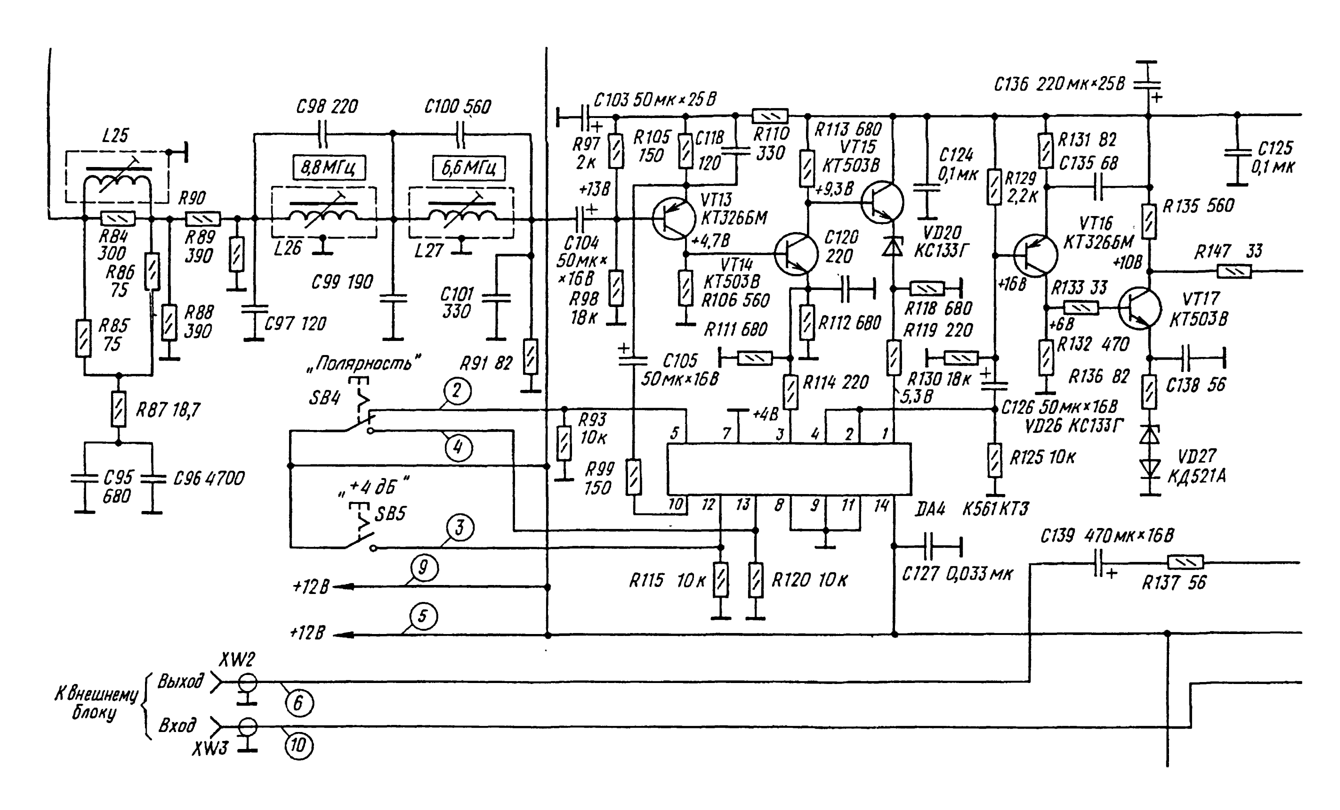


Рис. 48. Принципиальная схема низкочастотного узла ресивера [10]

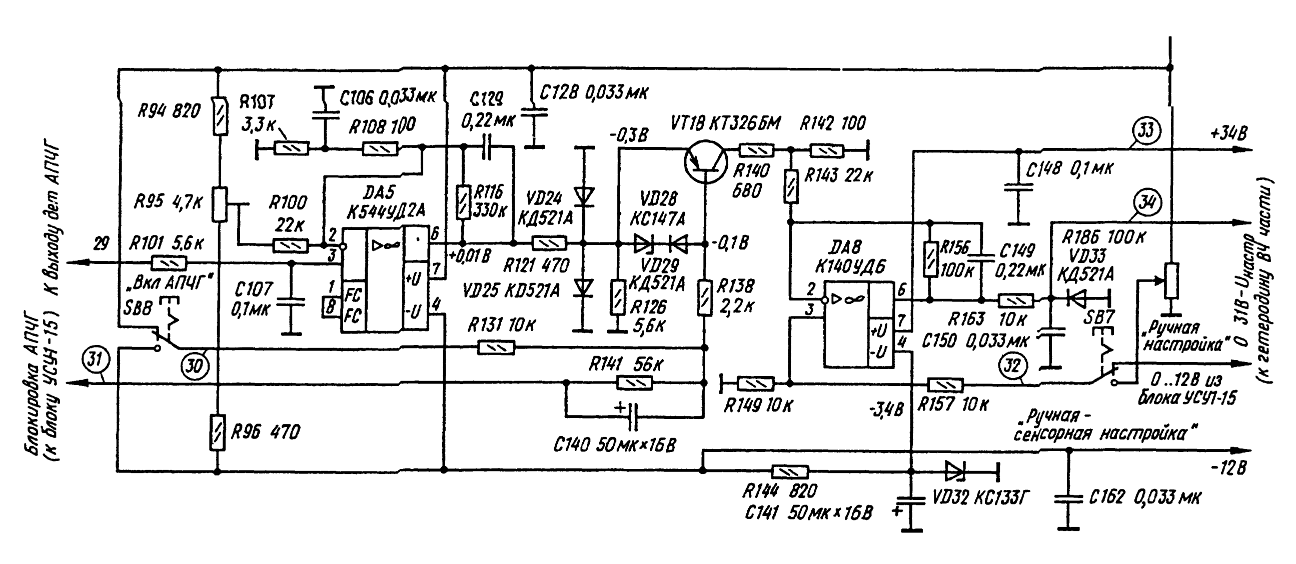


Рис. 48. (Продолжение)

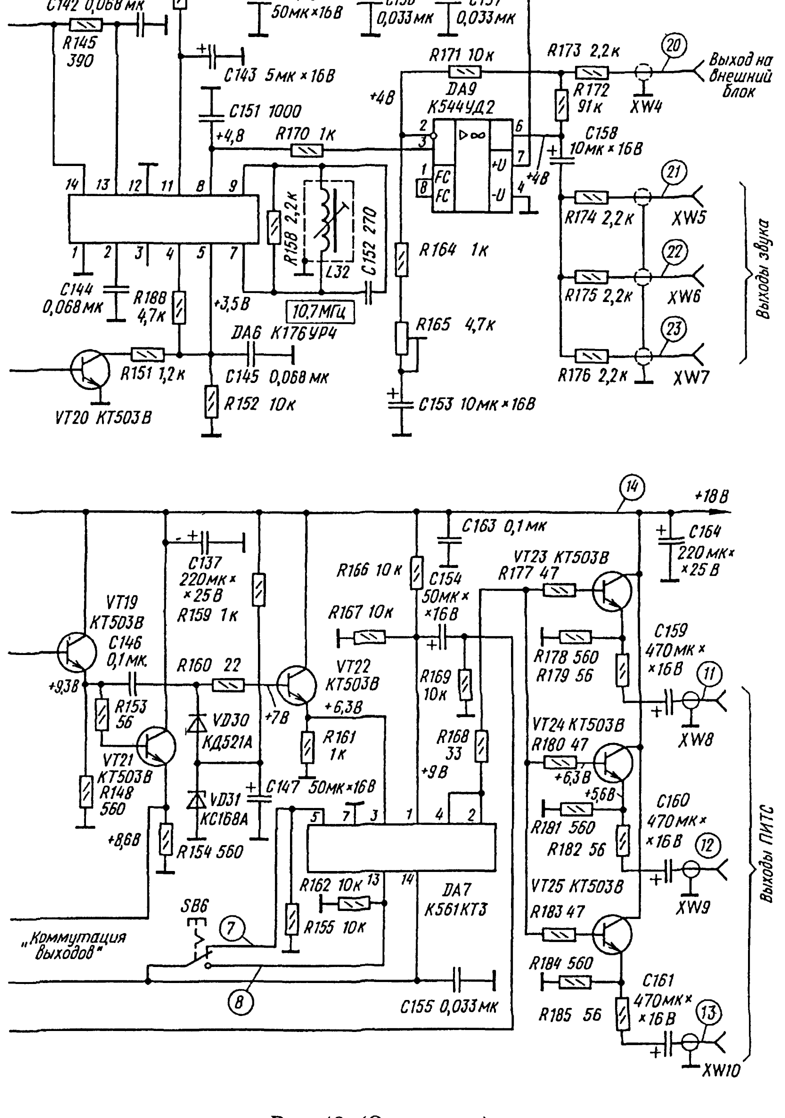


Рис. 48. (Окончание)

Подстроечным резистором R165 устанавливают уровень сигнала на выходе при полностью введенном регуляторе громкости R83.

Устройство АПЧГ работает на микросхемах DA5 (К544УД2А), DA8 (К14СУД6) и транзисторе VT18 (КТ326БМ).

На микросхеме DA5 собран усилитель постоянного тока сигнала, поступающего с детектора АПЧГ. Транзистор VT18 обеспечивает включение системы АПЧГ при подаче на его базу напряжения —12 В. Регулирующим элементом узла АПЧГ является микросхема DA8: на ее инверсный вход воздействует напряжение, регулируемое переменным резистором R186, который управляет частотой гетеродина. Питание микросхемы осуществляется от двух разнополярных источников +34 и —6 В. При изменении напряжения на прямом входе от 0 до +12 В напряжение на выходе изменяется в пределах 0...31 В. Полоса захвата схемы АПЧГ не менее 10 МГц.

Для наведения антенны на выбранный спутник предусмотрено сканирующее устройство (рис. 49). На транзисторах VT26, VT27 (КТ315Г) собран мультивибратор, на выходе которого формируются импульсы, поступающие на ключевую цепь — транзисторы VT28 (КТ315Г), VT29 (КТ361Г). Конденсатор С169 емкостью 100 мкФ почти мгновенно заряжается при открытом ключе и медленно разряжается через R199 и цепи варикапной настройки при закрытом ключе.

Частоту следования импульсов мультивибратора и их скважность подбирают таким образом, чтобы конденсатор полностью разрядился за 1,5 с. Затем после паузы длительностью 0,5 с конденсатор снова скачком заряжается, и процесс повторяется.

О точной настройке положения антенны свидетельствует максимальное отклонение стрелки S-метра. Для точной настройки на различные частотные каналы в ресивере используют сенсорное устройство УСУ-1-15 от ТВ приемника ЗУСЦТ, при установке этого блока необходимо диод VD19 замкнуть накоротко. Остальные подключения выполняют в соответствии с принципиальной схемой блока.

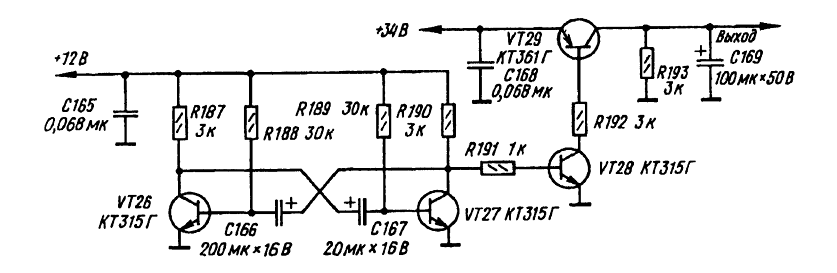


Рис. 49. Принципиальная схема сканирующего устройства

Электропитание ресивера обеспечивается следующими источниками питания: +18 В при токе нагрузки до 1 А; +12 В — до 0,5 А, —12 В — до 50...100 мА, +34 В — до 0,5 А; +12...+17,5 В — до 0,5 А. Возможно использование микросхем К142ЕН8, обеспечивающих нагрузочный ток до 2 А. В качестве теплоотвода целесообразно использовать корпус аппарата. В этом случае на плате питания рекомендуется размещать только диоды (мостовые выпрямители) и оксидные конденсаторы.

Конструкция и монтажные схемы ресивера. Высокочастотная часть ресивера выполнена на печатной плате из двустороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм. Монтажная плата приведена на рис. 50. Размещение деталей показано на рис. 51. На плате установлены перегородки из луженой жести (можно заменить латунью), ориентировочные размеры которых даны на рис. 52. При использовании латунных перегородок их следует припаивать к плате паяльником мощностью не менее 100 Вт.

Подбирать детали для монтажа нужно исходя из следующих соображений:

выводы всех радиодеталей должны быть обрезаны до минимума, особенно это условие необходимо строго выполнять при монтаже цепей высокочастотного сигнала;

конденсаторы должны быть дисковыми диаметром до 3 мм, а для резонансных цепей — с допуском не более ±5 %;

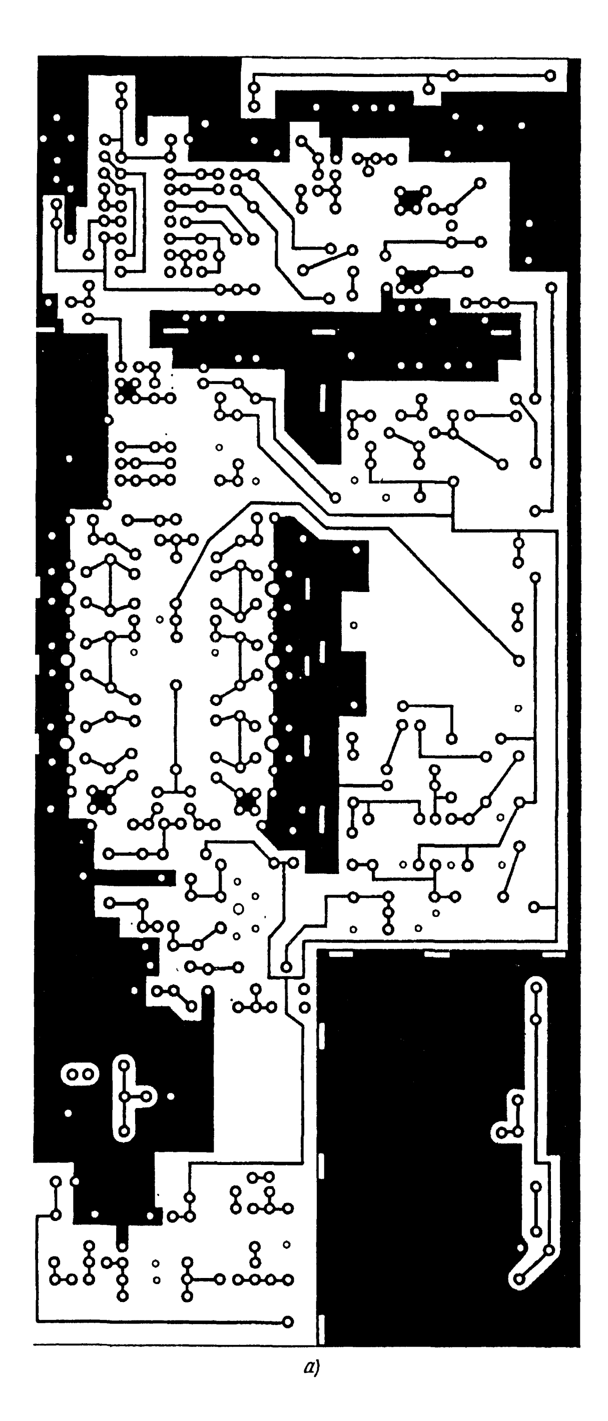
в гетеродине и элементах фильтров не следует использовать конденсаторы с плохим ТКЕ;

в качестве конденсатора С9 лучше всего применять конденсатор из серии КМ с габаритными размерами 3×4 и толщиной 1,5...2 мм;

в трактах ПЧ2 и ПЧ3 ресивера рекомендуется использовать резисторы типа МЛТ с допуском не более ±10 %.

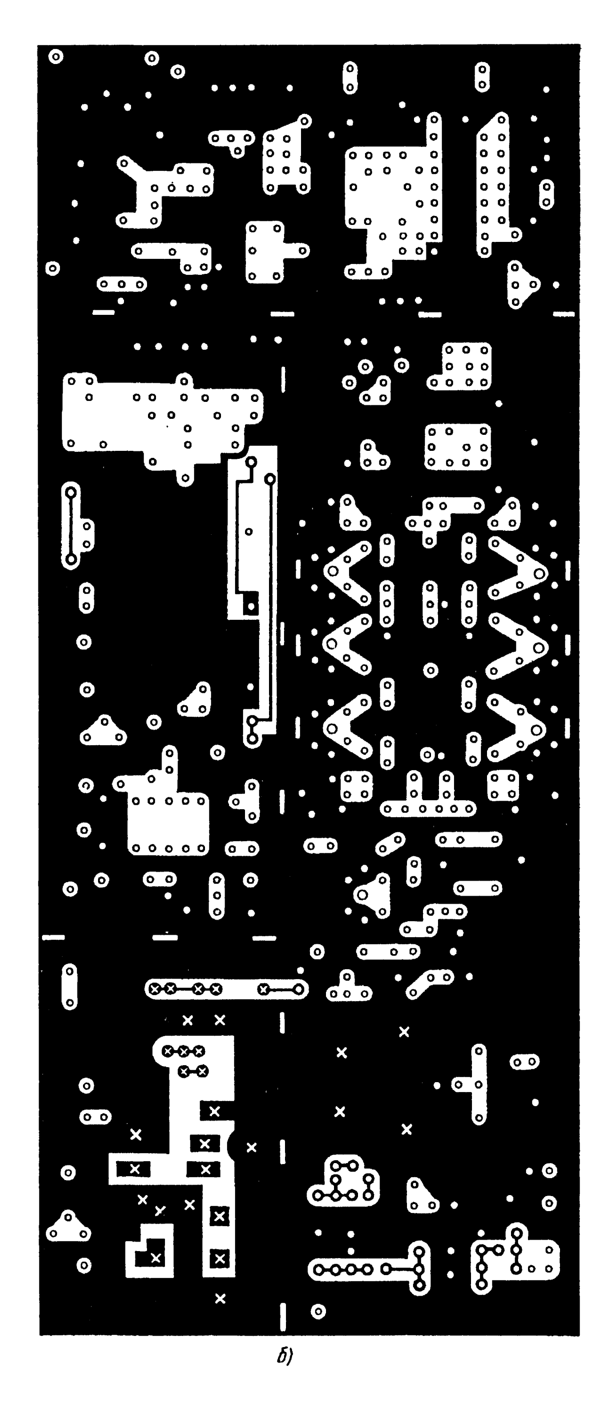
Возможна замена деталей радиокомпонент:

Указано на схеме	*Возможна замена*
Транзисторы	
КТ399А	КТ368
КТ3132А	КТ3115
КТ326БМ	КТ3107
Микросхемы	
К500ЛП216	К500ЛП116
К544УД2А	К544УД1А
	К544УД6
	К544УД7



а)

Рис. 50. Монтажная плата высокочастотного узла ресивера:



б)

а — соединительные проводники; *б* — места размещения деталей

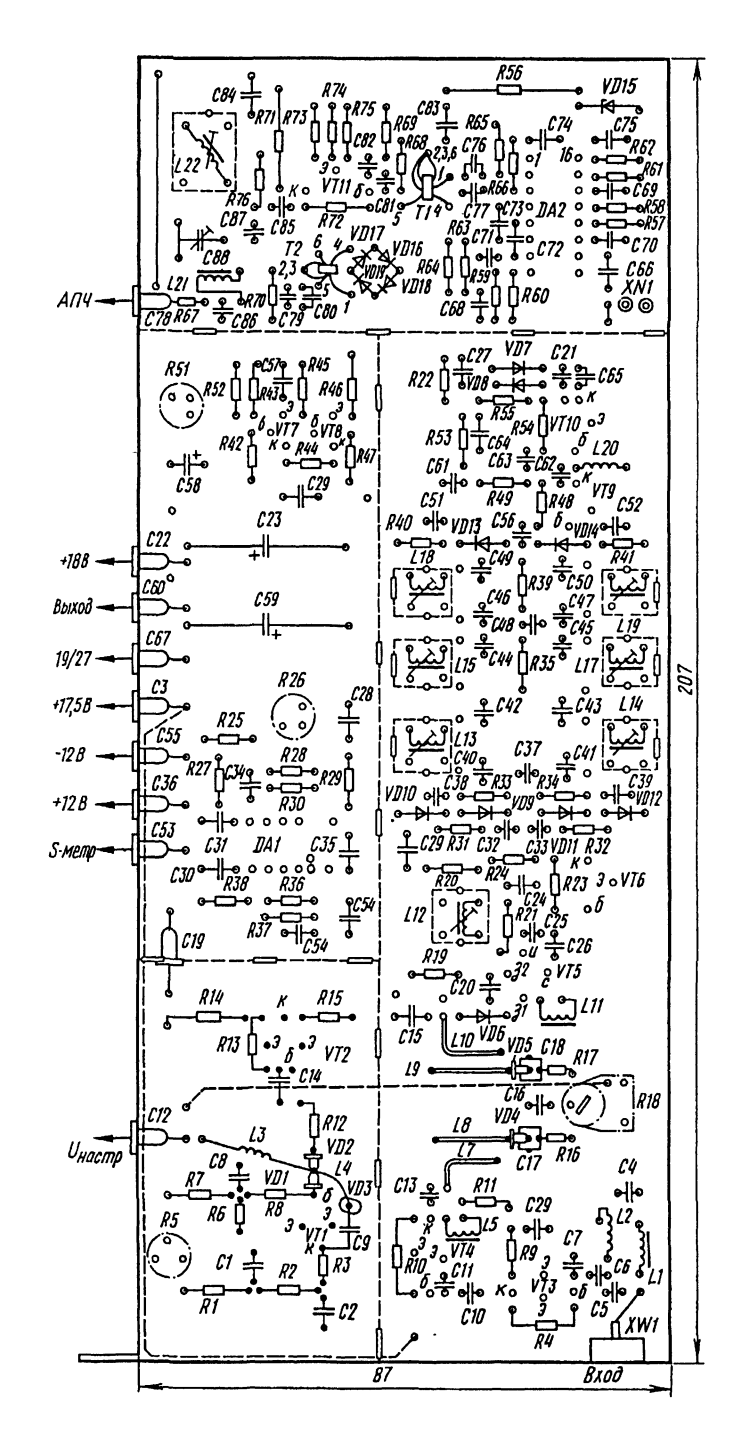


Рис. 51. Размещение деталей высокочастотного узла

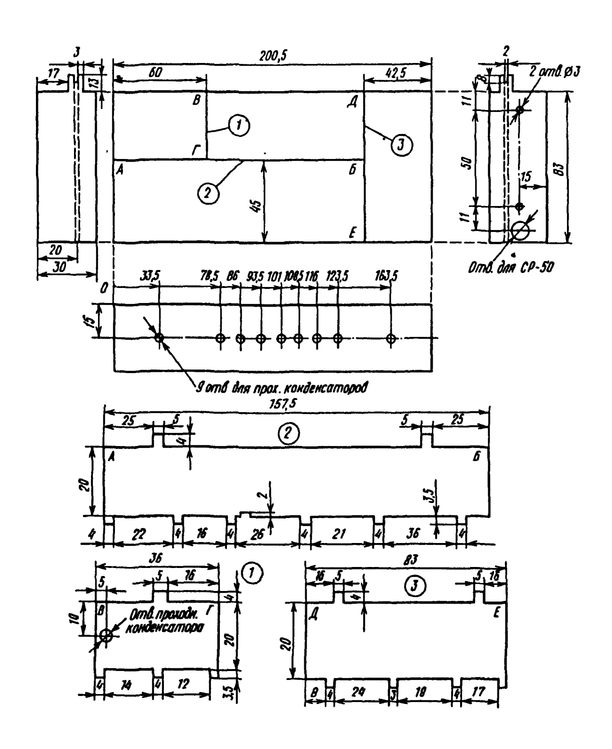


Рис. 52. Экранирующие перегородки

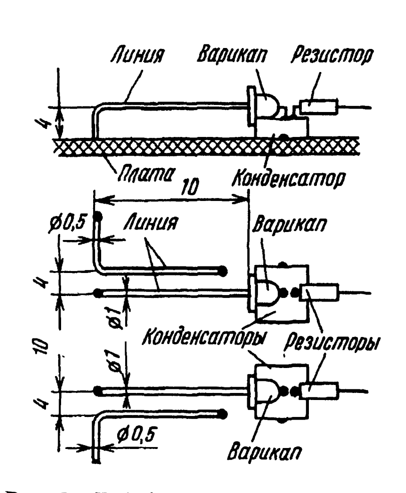


Рис. 53. Габаритные размеры и расположение элементов фильтра L7—L10 и перестраиваемого гетеродина

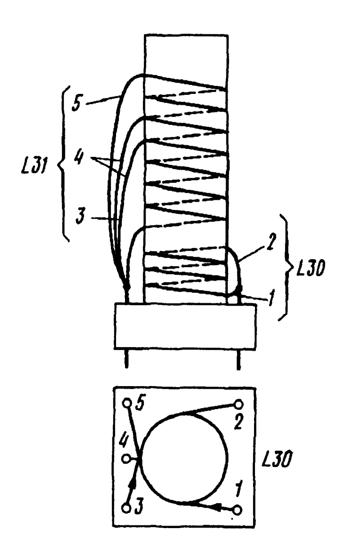


Рис. 54. Размещение витков индуктивностей L30 и L31 на каркасе

Монтаж перестраиваемого гетеродина и фильтра на печатных площадках и проводниках платы получается объемным, размеры и расположение линий L7—L10 фильтра приведены на рис. 53.

Стабилитрон D15 в цепи питания ограничителя DA2 для лучшего отвода тепла необходимо поместить в металлический корпус.

Широкополосные трансформаторы T1-T3 наматывают на ферритовых кольцевых магнитопроводах 2000НМ-4000НМ с наружным диаметром 4...6 мм. Обмотки трансформаторов T1, T2 имеют по 6,5 витков, а T3 — по 10,5 витков проводом ПЭЛШО 0,17 и наматываются одновременно скрученными в жгуты тремя (T1, T2) или двумя (T3) отрезками провода длиной 72 (T1, T2) или 94 мм (T3). С обоих концов всех жгутов оставляют нескрученными провода длиной 12 мм.

В качестве L16 может быть применен любой малогабаритный дроссель индуктивностью 100 мкГн. Линия L6 выполнена в виде печатного проводника, а линии L7—L10 — посеребренным проводом диаметром 0,5 мм.

Индуктивности L2, L4 и L5 намотаны посеребренным проводом диаметром 0,5 мм, для L4 длина прямого провода 8...10 мм; остальные индуктивности — проводом ПЭЛ 0,5; L2, L3 и L20 имеют бескаркасную намотку с внутренним диаметром 2 мм (L2, L3) и 3 мм (L20).

Индуктивности L1 и L11 намотаны на ферритовых кольцевых магнитопроводах 1000 НМ с наружным диаметром 6 (L1) и 4 мм (L2), а L5 и L21 — на стержневых магнитопроводах длиной 6...7 мм и диаметром 2,7 мм из феррита 1000НМ-2000НМ. Индуктивности L12—L15, L17—L19 и L22 имеют каркасы из пластмассы с ферритовыми подстроечными сердечниками: диаметр каркаса для L22 — 6 мм, а для остальных — 5 мм.

Индуктивности L30 и L31 выполнены проводом ПЭШО 0,17, а L23—L29, L32 — проводом ПЭЛ 0,15. Индуктивности L30 и L31 размещены на одном каркасе (рис. 54), отвод в L31 сделан от 13-го витка, считая от вывода 3. Число витков для индуктивностей, не указанных выше, приведено в табл. 5.

Т а б л и ц а 5. **Моточные данные индуктивностей L1—L31**

Обозначение в схеме	L1, L11	L2	L3	L5, L15	L12, L13, L18	L14, L19	L17	L20	L21
Число витков	6,5	1,5	6-8	2	3	3,5	2,5	7,5	8

Окончание табл. 5

Обозначение в схеме	L22	L23	L24	L25	L26	L27	L28, L29 L32	L30	L31
Число витков	1,25	20	24	80	14	13	10,5	6,5	20

Тракт видео- и звуковых сигналов ресивера смонтирован на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм; чертеж печатных проводников платы дан на рис. 55, а расположение деталей показано на рис. 56.

При выборе конструкции корпуса ресивера не рекомендуется выбирать его высоту менее 60 мм, так как верхняя крышка может влиять на настройку контуров ВЧ платы.

На задней стенке корпуса размещают три соединителя видеовыходов, три разъема выходов сигнала звукового сопровождения, соединитель XW1 (СР-50) для подключения кабеля от антенны, два гнезда (СР-50) для соединения с внешним блоком и гнездо выхода сигнала звука на декодер.

Для управления поляризатором необходимо установить четырехконтактный соединитель.

Все органы управления, показанные на схемах, кроме переключателей SB4 и SB6, выводят на лицевую панель, где также размещается блок УСУ-1-15 и S-метр.

Настройка и регулировка ресивера. Для настройки необходимо иметь генератор качающейся частоты ГКЧ (типа Х1-7Б, Х1-50, Х1-19), верхняя граница рабочего диапазона которого не менее 1000 МГц. В этом случае для настройки в полосе 1000...1750 МГц используется вторая гармоника. Осциллограф должен обеспечивать пропускание частот до 10 МГц.

При настройке входного усилителя (VT3, VT4) вход генератора подсоединяют к выводу коллектора VT4 через выносную детекторную головку, корпус детекторной головки присоединяют к экранирующей перегородке или к общему проводу ВЧ платы. Напряжение смещения на базах VT3, VT4 0,7...0,8 В устанавливают подбором резисторов R4, R10, при этом коэффициент усиления должен быть не менее 20 дБ при подаче на вход усилителя напряжения 10 мВ. Необходимо при настройке следить за устойчивостью работы усилителя, т.е. чтобы он не перешел в режим самовозбуждения.

Амплитудно-частотная характеристика входного усилителя на крайних частотах 950 и 1750 МГц не должна иметь завал более 4 дБ, характеристика корректируется элементами C5, L2, C6, L5, C13.

При настройке перестраиваемого фильтра детекторная головка подключается к выводу анода смесительного диода VD6. Вход усилителя через кабель с волновым сопротивлением 50 Ом подключают к выходу ГКЧ.

При нулевом напряжении на варикапах VD4, VD5 изменением длины линий L8 и L9 устанавливают резонансную частоту фильтра 925 МГц, меняя количество припоя в местах соединения линий с варикапами (при этом индуктивность уменьшается).

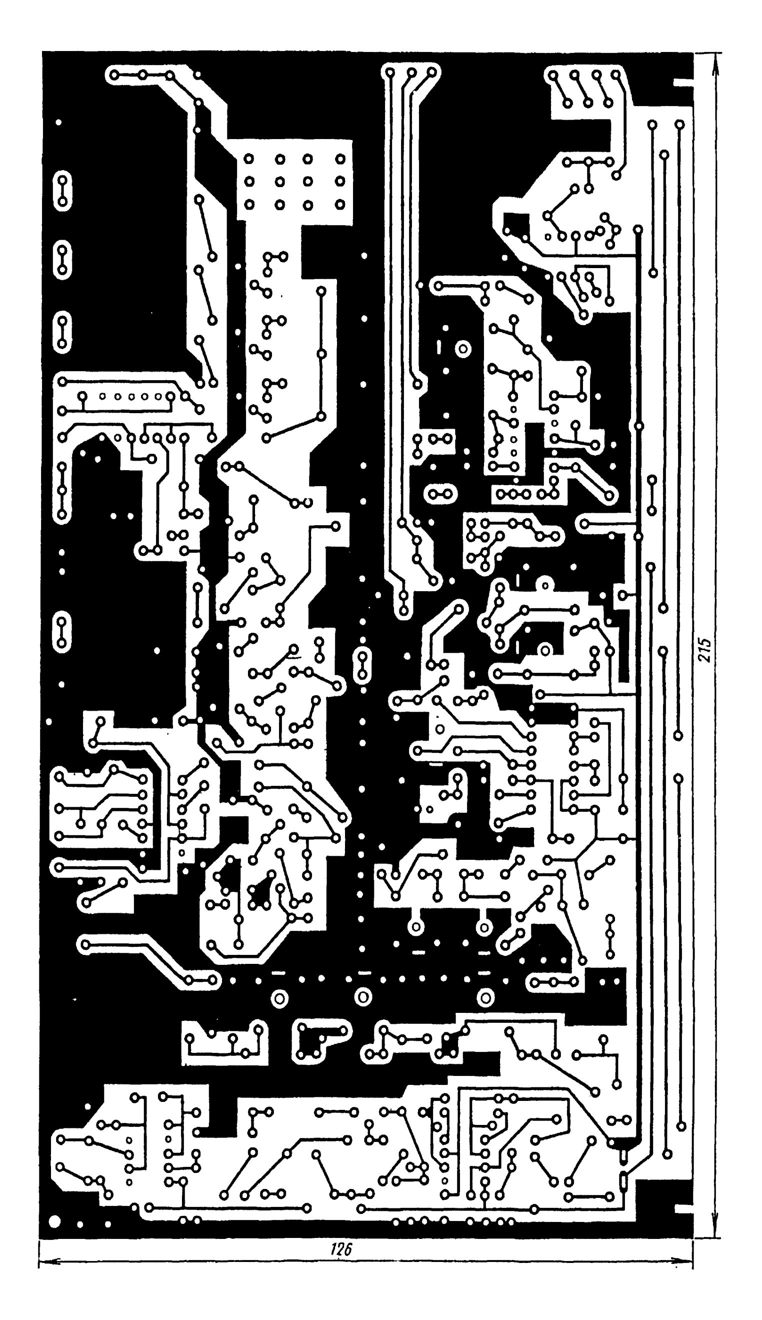


Рис. 55. Печатная плата низкочастотного узла ресивера

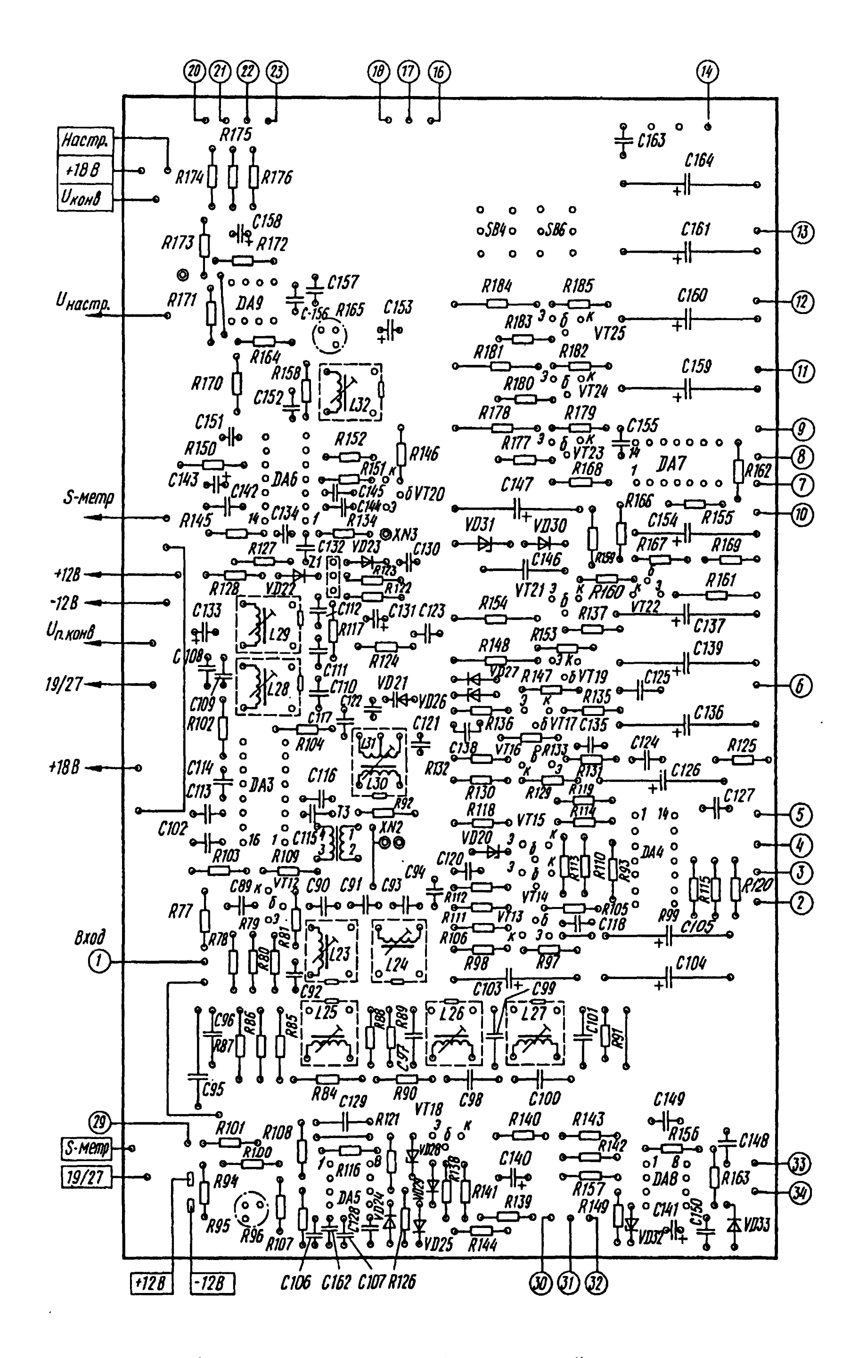


Рис. 56. Расположение деталей на печатной плате

Крутизна скатов фильтра регулируется перемещением петли связи L7 и L10 относительно линий L8, L9. Ширина полосы пропускания фильтра должна быть в пределах 50...100 МГц.

Верхнюю частоту перестраиваемого фильтра около 1800 МГц устанавливают подстроечным резистором R18 при полном напряжении на варикапах 31 В.

Настройка гетеродина при использовании отечественных варикапов, указанных в схеме, довольно критична из-за значительных паразитных индуктивностей и емкостей самих деталей, их выводов и монтажа. Гетеродин должен устойчиво работать в полосе 1060...1935 МГц. Если не удается одним гетеродином обеспечить полосу 1060...1935 МГц, то рекомендуется применять два гетеродина: один на полосу 1060...1500 МГц, другой на полосу 1500...2000 МГц.

Буферный каскад на транзисторе VT2 при необходимости согласовывают с линией L6 подбором конденсатора C14, а максимального коэффициента передачи добиваются изменением сопротивления резистора R13.

Настройка тракта ПЧ начинается с настройки каскада на полевом транзисторе VT5: индуктивностью L12 производят подстройку этого контура на среднюю частоту 135 МГц, при этом полоса на уровне —3 дБ должна быть 35...40 МГц, на уровне 10 дБ 70...80 МГц. Сигнал с выхода измерительного генератора подается на катод VD6, а вход через детекторную головку подключается к коллектору транзистора VT6. Коэффициент передачи усилителя на транзисторах VT5, VT6 определяется устройством автоматической регулировки усиления. При не полностью настроенном тракте промежуточной частоты на верхнем по схеме затворе транзистора VT5 напряжение будет равно 6 В, а коэффициент передачи этих двух каскадов составит примерно 25 дБ.

Далее приступают к настройке фильтра на 19 МГц, который включается при подаче напряжения 12 В на проходной конденсатор C67. Настройку производят вращением сердечников индуктивностей L13, L15, L18. При правильной настройке АЧХ фильтра на экране осциллографа будет в виде симметричной двугорбой кривой с небольшим завалом (0,3...0,5 дБ) на средней частоте 135 МГц и с завалом на краях полосы (125,5 и 144,5 МГц) 3 дБ. Выравнивание АЧХ производится резисторами с номиналами в пределах 560...1500 Ом, подключаемыми параллельно контурам L13, L15, L18 (на схеме они показаны штриховой линией). Настройку следует производить при закрытых экранами катушках.

Такую же технологию применяют и при настройке фильтра на частоту 27 МГц, но при этом на конденсатор C67 следует подавать напряжение —12 В. Граничные частоты полосы фильтра на 27 МГц на уровне 3 дБ соответственно равны 121,5 и 148,5 МГц.

При правильной настройке оба фильтра будут вносить одинаковое затухание.

Усилители на транзисторах VT9, VT10 настройки не требуют.

При подаче сигнала от измерительного генератора на вход ВЧ ресивера на операционном усилителе DA1 появляется постоянное напряжение за счет выпрямления сигнала ПЧ детекторами АРУ (VD7, VD8). Это напряжение управляет ОУ и далее транзистором VT5. С помощью подстроечного резистора R26 при подключенной, но не наведенной антенне напряжение на выходе DA1 устанавливается равным 10 В. Аттенюаторами измерительного генератора определяют глубину регулировки АРУ, которая должна быть не менее 36 дБ.

При использовании в цепи АРУ микросхемы К544УД2А выводы 1, 8 необходимо соединить между собой.

Усилитель на микросхеме DA2 не настраивается и должен работать в режиме ограничения при уже слабых, несколько зашумленных сигналах, обеспечивая на выходе напряжение 270 мВ.

Настройку демодулятора производят конденсатором С88 и подстроечником катушки L22 так, чтобы середина S-кривой совпадала с частотой 135±1 МГц на линейном участке характеристики в интервале 120...150 МГц. Требуемой линейности и симметричности S-кривой добиваются подбором конденсаторов С79, С80. Возможно, что в дальнейшем при приеме сигнала со спутника потребуется подстройка средней частоты демодулятора, но эту операцию следует выполнять после настройки ресивера и видеоусилителя.

Наладку видеоусилителя начинают с настройки характеристики фильтра-корректора, которая должна иметь ослабление на частотах 6,6 и 8,8 МГц до —(34...48) дБ и на частотах 7,4 МГц и выше 10 МГц до —20 дБ.

Для этого к входу фильтра необходимо подключить генератор Г-402 (или аналогичный ему с полосой до 10 МГц), а осциллограф подсоединить к резистору R91 и подстроечными сердечниками катушек L27 и L25 добиться провалов на частотах 6,6 и 8,8 МГц.

Каскады видеоусилителя на транзисторах VT13, VT14 и микросхеме DA4 проверяются лишь на отсутствие ограничения в полосе 1...5 МГц.

Работоспособность микросхемы DA4 проверяют подачей напряжения +12 В на выводы 13 ("Полярность") и 12 ("+4 дБ"). Полярность коммутируется переключением эмиттеров каскадов транзисторов VT14 и VT15 (точки 3 и 1) на выводы 4 и 2 микросхемы. Шунтируя эмиттер транзистора VT13 цепью C105 R99 на общий провод (через вывод 10 микросхемы DA4), можно изме-

нять усиление каскадов VT13, VT14, DA4. После усиления в каскадах на транзисторах VT16, VT17 и VT19 размах полного ТВ сигнала достигает 2 В. На выходе эмиттерного повторителя (VT21) при нагрузке 75 Ом (гнездо XW2) размах видеосигнала должен быть равен 1 В (без сигнала дисперсии).

Работа схемы устранения сигнала дисперсии проверяется при подаче сигнала треугольной формы с частотой 50 Гц на вход фильтра-корректора. Для этого используют генератор типа Г6-28, размах сигнала которого устанавливают таким, чтобы на левом по схеме выводе конденсатора C146 получить сигнал 0,5 В (размах). На эмиттере транзистора VT22 этот сигнал должен отсутствовать.

Микросхема DA7 — это четырехканальный коммутатор цифровых и аналоговых сигналов. Каждый из четырех ключей имеет вход и выход, а также вход разрешения прохождения сигнала.

При подаче с переключателя SB6 напряжения 12 В на контакт 5 микросхемы выход транзистора VT22 подводится на выходные каскады VT23—VT25 (принимается видеосигнал без декодирования). В нижнем положении SB6 видеосигнал с VT21 через разъемы XW2 и XW3 сначала подается на декодер, а после декодирования через контакты 1 и 2 микросхемы DA7 — поступает на эмиттерные повторители.

Тракт звукового сопровождения настраивается при подаче на его вход сигнала от ВЧ генератора в полосе 1...15 МГц, этим добиваются АЧХ, представленной на рис. 57. В качестве регулирующих элементов используют подстроечники катушек L23, L24 и резистор R92, контроль осциллографом производят в точке XW2.

Настройку на частоту 10,7 МГц производят при подаче напряжения с генератора на верхний по схеме вывод резистора R102 через сопротивление 10 кОм. Подводя к конденсатору C131 напряжение +12 В и наблюдая осциллограмму в точке XW3, сердечниками катушек L28 и L29 настраивают контуры на максимум амплитуды сигнала на частоте 10,7 МГц соответствующего резонансной частоте пьезофильтра Z1.

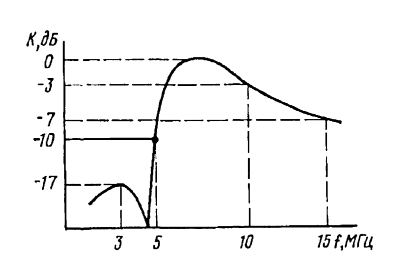


Рис. 57. Амплитудно-частотная характеристика фильтра поднесущих звука

Гетеродин на микросхеме DA3 настраивают сердечниками катушек L30 и L31 при подключенной детекторной головке к контрольной точке XN3. Необходимо добиться ровной характеристики в полосе 5...8 МГц при изме-

нении напряжения от 0 до +12 В. Ширина полосы пропускания тракта промежуточной частоты звука при включенном фильтре Z1 должна быть 190...280, а при выключенном — 300...350 кГц. Демодулятор на микросхеме DA6 настраивают по максимальному неискаженному звуковому сигналу, для чего вращением сердечника катушки L32 добиваются совмещения середины S-кривой демодулятора с частотой 10,7 МГц.

Напряжение на выходе блока звукового сопровождения (вывод 6 микросхемы DA9) устанавливают равным 500 мВ резистором R165 при полностью введенном регуляторе громкости R83.

Схема АПЧГ изображения, как правило, не требует специальной настройки, необходимо лишь регулировкой резистора R95 установить наилучшее изображение на экране ТВ приемника. Устройство сканирующего режима проверяют по наличию импульсов на выходе мультивибратора (VT26, VT27). При необходимости подбирают длительность и частоту следования импульсов. Конденсатор С169 должен разряжаться через цепи варикапов высокочастотной части ресивера за 1...1,5 с, скорость разрядки его можно увеличить, зашунтировав резистором сопротивлением около 3 кОм.

Как упоминалось выше, для автоматической настройки ресивера на различные частотные каналы используют блок сенсорного управления ресивером типа УСУ-1-15 бытового телевизионного приемника ЗУСЦТ. Блок УСУ-1-15, применяемый в тюнере Л.Гольцова, имеет также устройство блокировки системы АПЧГ на время переключения каналов. В блоке необходимо замкнуть диод VD19. Остальные подключения выполняются в соответствии с принципиальной схемой блока.

Регулировка схемы ресивера в режиме дистанционного управления частотными каналами состоит в установке напряжения +12 В на выходе блока УСУ-1-15.

Приемная установка с тремя преобразованиями частоты

В более ранних радиолюбительских и даже профессиональных приемных установках использовалось три преобразования частоты, ПЧЗ выбиралась в пределах 30...70 МГц. Частоты 31,5 и 38 МГц являются стандартными ПЧ для сигналов звука и изображения в бытовых ТВ приемниках, а частота 70 МГц принята в качестве промежуточной в радиорелейной аппаратуре, работающей в диапазоне до 10 ГГц, и аппаратуре земных станций "Орбита".

При таком построении схемы имеется возможность использовать принципиальные схемы и модули, применяемые в радиорелейном оборудовании и наземных сетей связи и земных станциях спутниковых систем связи фиксированной службы.

В приемной установке с тремя преобразованиями частоты схема наружного блока полностью совпадает с описанной ранее. Во внутреннем блоке второе преобразование переносит сигналы ПЧ1 из полосы 0,95...1,75 ГГц на частоту 480 МГц, при этом частота второго гетеродина должна перестраиваться в полосе 1,43...2,23 ГГц. При третьем преобразовании частоты сигнал переносится из полосы 480 в полосу 70 МГц.

На рис. 58 приведены структурная и принципиальная схемы линейного частотного детектора ЛЧД на частоту 70 МГц и видеоусилителя. Структурная схема включает: амплитудный ограничитель АО, преобразователь ЧМ сигнала в АМ сигнал, огибающая которого повторяет закон изменения частоты входного сигнала, амплитудный детектор АД и видеоусилитель ВУ.

Амплитудный ограничитель (на принципиальной схеме не показан) обычно выполняется на диодах по двухкаскадной схеме: в первом каскаде диоды включаются параллельно, а во втором — последовательно. Встречное включение диодов обеспечивает ограничение положительной и отрицательной полуволн, между каскадами включается согласующий трансформатор.

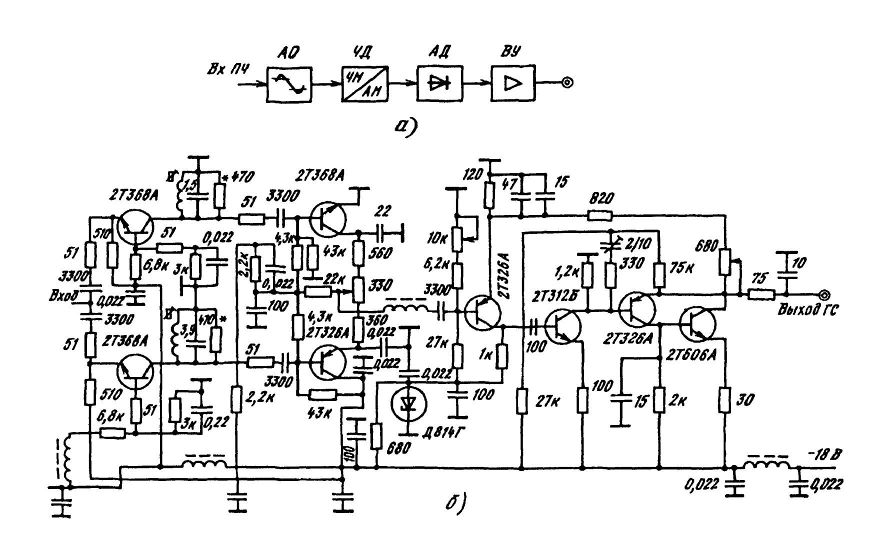


Рис. 58. Структурная и принципиальная схема линейного частотного детектора на частоту 70 МГц и видеоусилителя

Дискриминатор блока частотного детектора выполнен на транзисторах 2Т368А, в цепь коллектора которых включены взаимно расстроенные контуры: контур в верхнем транзисторе настроен на частоту около 100 МГц, а в нижнем — на частоту 50 МГц.

Требуемая линейность характеристики ЛЧД достигается подбором резонансной частоты контуров и шунтирующих контуры резисторов. Для повышения устойчивости работы дискриминатора в цепь базы включены резисторы сопротивлением 51 Ом.

Амплитудные детекторы выполнены на транзисторах 2Т368А (верхний) и 2Т326А (нижний) по схеме с общим коллектором. Транзисторы работают в режиме В и включены последовательно по току, что обеспечивает несимметричный выход на последующие каскады видеоусилителя.

Видеоусилитель позволяет получить на выходе блока частотного детектора требуемую крутизну характеристики демодулятора 175 мВ/МГц. Схема видеоусилителя содержит четыре каскада, выполненных на кремниевых транзисторах: первый и третий каскады работают на транзисторах 2Т326А, второй каскад — на транзисторе 2Т312Б и четвертый каскад — на транзисторе 2Т606А.

В первом и втором каскадах применена схема с общим эмиттером, а для стабилизации коэффициента усиления с учетом разброса параметров транзисторов используется обратная связь по току.

Два последних каскада видеоусилителя охвачены глубокой обратной связью, что позволяет обеспечить малые нелинейные искажения. Весь видеоусилитель охвачен обратной связью по переменному току (резисторы переменный 680 Ом и постоянный 820 Ом). Выходное сопротивление видеоусилителя равно 75 Ом.

9. ПРИЕМ СИГНАЛОВ СТВ НА КОЛЛЕКТИВНЫЕ ПРИЕМНЫЕ УСТАНОВКИ И СОВМЕЩЕНИЕ С КАБЕЛЬНЫМ ТЕЛЕВИДЕНИЕМ

Простейшей системой кабельного телевидения является широко распространенная сеть, когда к одной наружной приемной ТВ антенне через общий усилитель подключается до 1000 абонентских приемников. Сигналы диапазона метровых волн (МВ) усиливаются и направляются в домовую распределительную сеть ДРС, состоящую из общих разветвителей Р, абонентских разветвителей РА и абонентских коробок КА.

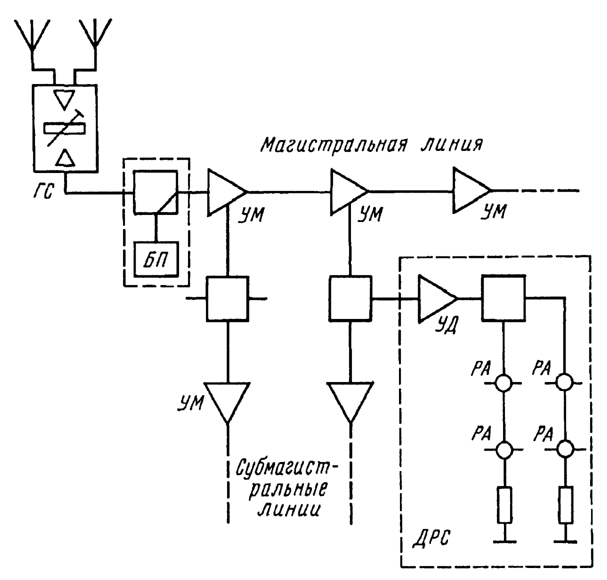


Рис. 59. Древовидная структура распределительной сети коллективного приема ТВ: ГС — головная станция; УМ — усилители магистральные; УД — усилители домовые; ДРС — домовая распределительная сеть; РА — разветвитель абонентский; БП — блок питания

Сигналы диапазона дециметровых волн (ДЦВ) конвертируются в один из свободных каналов МВ диапазона. Линия домовой распределительной сети нагружена на R = 75 Ом (волновое сопротивление кабеля).

Упомянутые системы были предназначены для приема сигналов наземного ТВ на общие антенны МВ и ДЦВ диапазонов.

В настоящее время в таких крупных городах, как Москва, Санкт-Петербург и др., создаются так называемые мертвые зоны, где условия прямого приема передатчика телецентра неудовлетворительны. В этой связи в последние годы за рубежом и в странах СНГ стали внедряться сети коллективного приема телевидения и распределения их по кабельным магистралям протяженностью до 4 км.

В странах Европы в конце 80-х — начале 90-х гг. интенсивно развиваются системы спутникового ТВ как на индивидуальные, так и на коллективные приемные установки (последние часто совмещаются с системами наземного кабельного телевидения).

В кабельном телевидении можно использовать следующие три структуры: древовидную (рис. 59), радиальную или звездообразную (рис. 60), и кольцевую (рис. 61).

Древовидная структура как наиболее экономная по стоимости распределительной сети в настоящее время считается более предпочтительной.

Поясним кратко назначение отдельных элементов структуры коллективного приема ТВ (см. рис. 59).

Головная станция принимает на узконаправленные антенны радиосигналы, которые усиливаются в канальных усилителях. Далее эти сигналы преобразуются на промежуточную частоту 31,5...38 МГц, фильтруются от побочных составляющих высокоселективным фильтром на поверхностно-акустических волнах и после усиления снова преобразуются в частотный диапазон выбранного канала для распределительной сети.

Для реализации требований электромагнитной совместимости частотный набор сигналов, поступающих в распределительную сеть, может не совпадать с исходным. В этом случае сигналы передатчиков наземного ТВ не будут создавать помехи для телевизоров абонентов кабельной сети. В соответствии с ГОСТ 11216-83 для кабельных сетей разрешается использовать каналы СК1-СК8 в полосе 110...174 МГц и СК11-СК18 в полосе 230...294 МГц (см. прилож. 2).

На выходе ГС все конвертированные сигналы складываются в блоке сложения. При совмещении кабельной системы со спутниковой в этом блоке суммируются каналы обеих систем.

В качестве гетеродинов в головной станции используют синтезаторы частот, формирующие частотную сетку с необходимым интервалом.

Сигналы радиовещания МВ диапазона усиливаются в диапазонном усилителе (66...73 МГц), который размещается в шкафу головной станции.

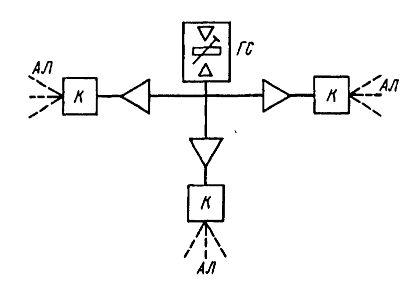


Рис. 60. Радиальная структура:
К — концентраторы; *АЛ* — абонентские линии

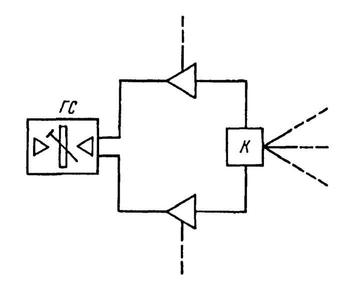


Рис. 61. Кольцевая структура

Все блоки ГС охвачены системой автоматической регулировки усиления, кроме того, на ГС вырабатываются два пилот-сигнала, по которым производится автоматическая регулировка усиления магистральных усилителей распределительной сети и корректировка наклона АЧХ. Подобная корректировка необходима для компенсации повышенного затухания в кабеле на верхних по частоте каналах.

Питание магистрального УМ и домового УД усилителей кабельной распределительной сети производится либо от местной сети на 220 В, либо через кабель (по которому передаются ТВ и радиовещательные сигналы) напряжением 42 В от блока дистанционного питания БП.

Принятые в ДЦВ диапазоне телевизионные сигналы после преобразования в ГС распределяются в кабельную сеть по каналам МВ диапазона с тем, чтобы исключить установку дополнительных усилителей.

Магистральный УМ и домовый УД усилители предназначены для компенсации затухания и завала верхних частот, возникающих при прохождении сигнала по кабелю.

Эти усилители идентичны, номинальный коэффициент усиления в зависимости от модификации находится в пределах 18...28 дБ. Максимальный выходной уровень 120 дБмкВ (1 В).

Следует отметить, что за рубежом уже эксплуатируются системы кабельного телевидения (СКТВ) с верхней рабочей частотой 600...700 МГц с возможным увеличением ее до 1000 МГц. Зарубежные специалисты считают, что для удовлетворения всех пользователей телевизионных сетей необходимо довести емкость кабельных сетей через 10—12 лет до 100 каналов.

Представляет интерес тенденция развития кабельного ТВ в направлении внедрения систем, совмещенных со спутниковым телевидением, и развития производства элементов кабельных сетей для небольшого числа пользователей.

Ниже перечислены некоторые из этих элементов СКТВ и приведены их технические параметры.

Широкодиапазонный усилитель предназначен для индивидуальных и коллективных приемных систем при суммировании сигналов метрового (I—III полосы ТВ) и дециметрового (IV и V полосы) диапазонов.

Параметры широкодиапазонного усилителя

Диапазон рабочих частот, МГц	45...862
Коэффициент усиления, дБ	28
Неравномерность АЧХ, дБ	+/ — 1
Пределы регулировки уровня, дБ	0 — 20
Пределы регулировки наклона АЧХ, дБ:	
на частоте 45 МГц	0...20
на частоте 862 МГц	0,5
Максимальный уровень на выходе при нагрузке на два канала, дБмкВ	113
Уровень сигнала на выходе при нагрузке на 16 каналов, дБмкВ при переходных помехах 3-го порядка — 60 дБ	104
Выходное сопротивление, Ом	75
Коэффициент шума, дБ	<7,5
Напряжение питания	220 В (50 Гц; 5 Вт)
Диапазон рабочих температур, °С	—20...+50

Малошумящий предварительный усилитель предназначен для усиления ТВ сигналов в полосе 47...790 МГц для индивидуальных (AS011 и AS012) и малых коллективных (AS013) систем (табл. 6).

Таблица 6. **Параметры предварительного усилителя**

Параметры	Тип усилителя		
	AS011	AS012	AS013
Диапазон рабочих частот, МГц	1-й канал ДЦВ диапазона		47...790
Коэффициент усиления, дБ	>24	>24	>18
Коэффициент шума, дБ	<4	<3,5	<6
Выходной уровень сигнала, дБмкВ:			
искажение 3-го порядка	>102 дБмВ	>102 дБмВ	>105
искажение 2-го порядка	—	—	>105
Напряжение питания	+12...+15 В (30 мА)	+12...+15 В (30 мА)	+15 В (30 мА)
Габаритные размеры	20×55×120 мм		

Корректирующие усилители типа AS016 и AS017 предназначены для усиления первого ТВ канала и суммирования с остальными каналами, имеют регулировку усиления от 0 до 15 дБ; напряжение питания подается дистанционно по кабелю или через зажимы (табл. 7).

Таблица 7. **Параметры корректирующего усилителя**

Тип	Число входов	Коэффициент усиления, дБ			$U_{вых}$, дБмкВ	Коэффициент шума, дБ	$U_{пит}$, В
		47...100 МГц	174...230 МГц	470...790 МГц			
AS016	2	—1,5	—1,5	—1,5*	>102	<3,5	15 (45 мА)
AS017	2	—	—	24...1,5*	>102	<3,5	15 (45 мА)

* Коэффициент усиления первого канала равен 24 дБ, остальных каналов — 1...1,5 дБ.

Примечание. В усилителе AS016 и AS017 необходимо предусмотреть частотный интервал между усиливаемым и остальными каналами, равный ширине полосы двух каналов.

Диплексеры предназначены для суммирования двух частотных каналов (DC003), сложения первого канала с остальными, работающими в метровом диапазоне (DC004). Развязка между входами разных каналов не менее 20 дБ (табл. 8).

Таблица 8. **Параметры диплексеров для диапазона 47—790 МГц**

Диапазон	Сквозные потери, дБ	
	DC003*	DC004**
BI/II 47...110 МГц	<—0,5	<—1,0
BIII 174...230 МГц	<—1,0	<—1,0
BIV/V 470...790 МГц	<—1,5	<—1,5

* Минимальный интервал по частоте между суммируемыми каналами один канал.
** Минимальный промежуток — пять каналов.
Примечание. Габаритные размеры 20×55×120 мм.

Канальные фильтры обеспечивают дополнительное подавление помех за пределами полосы пропускания (табл. 9).

Таблица 9. **Параметры канальных фильтров**

Параметры	Тип	
	FC001	FR001
Частотный диапазон	МВ диапазон	
Потери, дБ:		
каналы 1—5	<1	<0,5
каналы 6—12	<2	<1,5
Ослабление вне полосы пропускания, дБ	>25	>35
Габаритные размеры, мм	20×55×120	

Домовые усилители используются при разводке ТВ программ кабельной сети в пределах дома, подъезда. Усилители HA001 и HA002 применяются в коллективных сетях среднего размера (до

нескольких сотен абонентов), имеют встроенные аттенюаторы и регуляторы наклона амплитудно-частотной характеристики, позволяющие компенсировать завал ее на верхних частотах (табл. 10).

Таблица 10. **Параметры домовых усилителей**

Параметры	Тип	
	HA001	HA002
Диапазон частот, МГц	47...300	47...550
Максимальный выходной уровень, дБмкВ	120	120
Коэффициент усиления, дБ	>34	>34
Пределы регулировки усиления, дБ	0...20	0...20
Пределы регулировки наклона, дБ	0...10	0...15
КСВ (вход и выход)	<1,3	<1,3
Напряжение питания, В	220 (50 Гц; 15 Вт)	
Габаритные размеры, мм	40×155×220	

Коллективные станции СТВ с разводкой программ спутникового и наземного ТВ кабелем через мультисвитчи

В коллективных станциях СТВ с числом абонентов до 16 широко практикуется разводка сигналов спутниковой ПЧ к абонентам через многоканальные коммутирующие устройства — мультисвитчи. В мультисвитчах также может происходить объединение спутниковых ТВ программ с наземным телевидением.

На рис. 62 приведена схема подачи спутниковой программы четырем абонентам (ресиверам) через мультисвитч MS0012. На малошумящий вход LNC мультисвитча подводится две программы при приеме горизонтально H и вертикально V поляризованных сигналов. К четырем выходным соединителям F-типа могут быть подключены четыре ресивера абонентов. Каждый из абонентов может выбрать интересующую его программу, управляя поляризатором со своего приемника.

На рис. 63 показана схема подачи спутниковой программы в сеть до 16 абонентов. В этой схеме используются проходные мультисвитчи MS0011, имеющие два входа в дальнейшую сеть (проходных) и четыре выхода к абонентам с поляризацией сигналов H и V. С помощью двух первых мультисвитчей MS0011 можно подключить восемь абонентов; при необходимости, включив в каждый из проходных кабелей дополнительные усилители A001, можно еще подключить восемь абонентов, используя один проходной мультисвитч (MS0011) и конечный (MS0012).

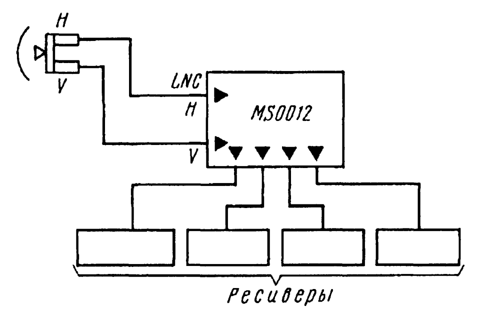


Рис. 62. Распределительная сеть на мультисвитчах для четырех абонентов

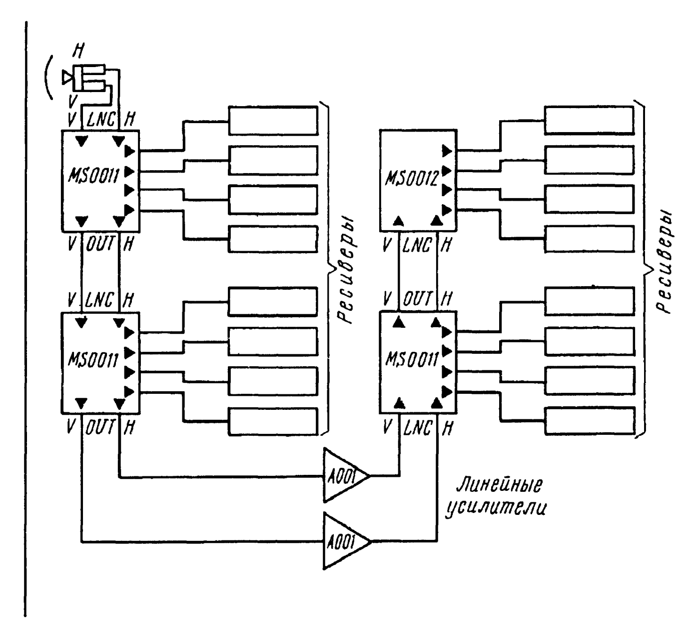


Рис. 63. Распределительная сеть на мультисвитчах для 16 абонентов

На рис. 64 приведена схема распределительной сети на мультисвитчах станции приема сигналов спутникового и наземного телевидения.

На мультисвитч MS0023 подводятся два сигнала с горизонтальной и вертикальной поляризацией с двойного выхода МШУ конвертера (например, типа LP-62) спутниковой антенны и один сигнал от магистрального усилителя MA002, с которого приходят программы местного телецентра. Каждый из мультисвитчей MS0023 имеет четыре выходных разъема F-типа для под-

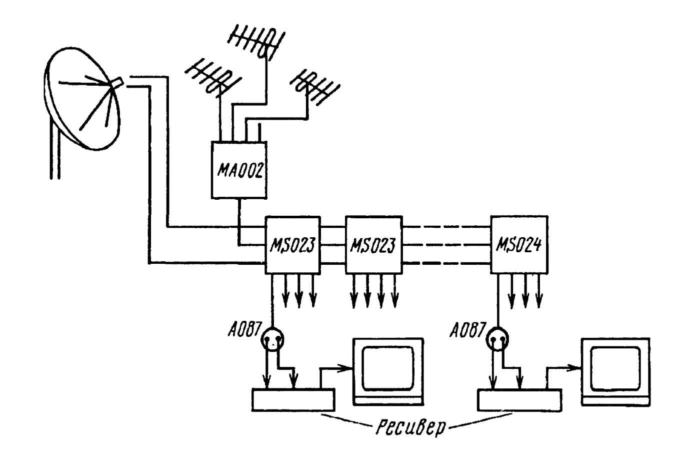


Рис. 64. Распределительная сеть на мультисвитчах станции приема сигналов спутникового и наземного телевидения

ключения абонентов и три проходных для двух спутниковых сигналов и одного наземного. К этим разъемам подсоединяется последовательно второй мультисвитч, выдающий ТВ сигналы следующим четырем абонентам, и т.д. Последний в цепи последовательно включенных мультисвитчей — MS0024 — является конечным.

У абонента подключение тюнера или ТВ приемника производится через абонентскую розетку АО, развязывающую по частоте спутниковый и наземные каналы.

Любой абонент переключением напряжения с 14 по 18 В может принимать независимо любую спутниковую или наземную ТВ программу.

В табл. 11 приведены технические параметры мультисвитчей, используемых для приема сигналов спутникового и наземного телевидения.

Недостатком данной схемы является последовательное включение проходных мультисвитчей: в случае неисправности одного из них в начале схемы отключаются все последующие абоненты. Однако, как показал опыт более чем годичной эксплуатации описанной выше структуры, отказов мультисвитчей не было, кроме того, замена их достаточно проста.

В табл. 12 приведены основные технические параметры станций кабельного телевидения, используемые фирмой "Белка Лтд".

Таблица 11. **Параметры мультисвитчей, используемых для приема сигналов спутникового и независимого телевидения**

Параметры	Тип			
	MS0011	MS0012	MS023	MS024
Диапазон частот, МГц:				
спутникового ТВ	950...2050	950...2050	950...2050	950...2050
наземного ТВ	—	—	47...862	47...862
Коэффициент усиления спутниковой ПЧ, дБ	1±2	2±2	1±2	2±2
Максимальный выходной уровень, дБмВ	104	104	104	104
Развязка по поляризации, дБ	>30	>30	>30	>30
Затухание на отводе в МВ и ДЦВ диапазонах, дБ	—	—	—18	—15
Проходные потери, дБ	<2,5	—	<2,5	—
Потребление тока из тюнера, мА	<20	<20	<20	<20
Габаритные размеры, мм	16×87×134			

Таблица 12. **Технические параметры станции кабельного телевидения**

Параметры	Тип		
	PACE 8000 (Англия)	TERRA (Литва)	FUBA (Германия)
Диапазон входных частот, МГц	950...2050	950...2050	950...2050
Уровень на выходе, дБмкВ	94	112	105
Частота сигнала на выходе, МГц	470...854	40...300	174...300
Поднесущая звука на входе, МГц	5,5...8	6,5...8	5,5...8
Поднесущая звука на выходе, МГц	5,5 и 6,5	6,5	5,5 и 6,5
Ширина полосы, МГц	27	18/27	27
Число каналов	4 (ДЦВ)	до 28	2
Диапазон рабочих температур, °С	+5...+45	+10...+35	+5...+45

Усилители активные и пассивные, разветвители первой ПЧ спутникового приемника

Усилитель первой ПЧ позволяет компенсировать затухание сигнала в кабеле, соединяющем наружный блок с ресивером, и произвести коррекцию АЧХ. Питание производится через коаксиальный кабель. Усилитель может быть установлен в любом удобном для монтажа месте.

Параметры типового усилителя

Диапазон рабочих частот, МГц	950...2050
Коэффициент усиления, дБ	15...20
Коэффициент шума, дБ	<5
Входное и выходное сопротивление, Ом	75
Уровень сигнала на выходе, дБмкВ	>95
Диапазон рабочих температур, °С	—20...+60
Габаритные размеры, мм	60×28×15
Соединители	F-типа

Активный разветвитель AS002 позволяет подключить несколько (до четырех) ресиверов к одному конвертеру.

Параметры активного разветвителя

Диапазон рабочих частот, МГц	950...2050
Коэффициент усиления, дБ	0...+1
Коэффициент шума, дБ	<7
Входное и выходное сопротивление, Ом	75
Уровень сигнала на выходе, дБмкВ	>95
Развязка выходов, дБ	>26
Напряжение питания	12 (18 В; 60 мА)
Диапазон рабочих температур, °С	—20...+60
Габаритные размеры, мм	65×85×15
Соединители	F-типа

Пассивный разветвитель AS003 позволяет подключить до четырех тюнеров к данному конвертеру, но при этом вносит затухание.

Параметры пассивного разветвителя

Диапазон рабочих частот, МГц	950...2050
Коэффициент усиления, дБ	+0,25... —6,75
Входное и выходное сопротивление, Ом	75
Диапазон рабочих температур, °С	—20...+60
Габаритные размеры, мм	65×85×15
Соединители	F-типа

Коллективный прием ТВ программ при спутниковом и наземном вещании

Индивидуальные приемные установки из-за высокой стоимости (от 500 до 1,500 долл. в зависимости от габаритных раз-

меров антенны) практически недоступны массовому телезрителю. Кроме того, в крупных жилищных массивах с высотными домами невозможно разместить большое количество антенн СТВ на крышах и стенах жилых домов, так как это ухудшает внешний вид зданий. В этом случае наиболее приемлемым решением является использование устройств для коллективного приема, подобно широко распространенному методу приема сигналов наземных телевизионных станций на общие коллективные антенны (одну или несколько) на многоэтажных зданиях. При этом сигналы первой ПЧ, принятой со спутника ТВ программы, распределяются по кабелю и с помощью разветвителей и сумматоров подводятся к индивидуальным абонентам. В отличие от индивидуальных установок при коллективном приеме необходимо использовать антенны большего диаметра (до 3 м), которые ориентируются лишь на один спутник, с тем, чтобы обеспечить хорошие условия приема не менее чем в 99% времени наихудшего месяца в году.

В настоящее время применяют главным образом две группы станций: на два — восемь абонентов и на несколько десятков абонентов.

Коллективная установка СТВ может быть совмещена с соответствующей установкой приема наземных ТВ программ, передаваемых местными телецентрами или наземными ретрансляторами.

Структурная схема коллективной станции приема спутникового и наземного телевидения с вводом в кабельную сеть показана на рис. 65.

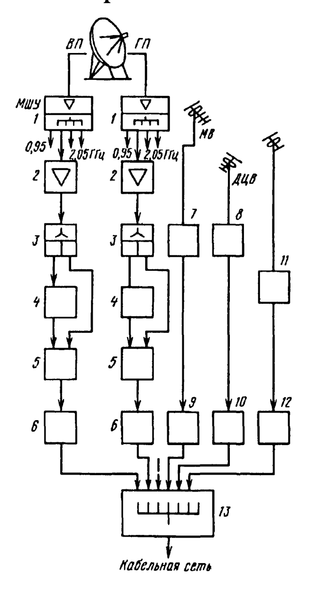


Рис. 65. Структурная схема станции приема спутникового и наземного телевидения:
1 — МШУ-конвертеры; *2* — спутниковые ресиверы; *3* — демодулятор видео и звука; *4* — транскодеры PAL-SECAM; *5, 6* — модуляторы и конвертеры спутниковых каналов; *7—10* — конвертеры видео наземного ТВ; *11, 12* — конвертеры ЧМ каналов звукового сопровождения; *13* — активный сумматор

Сигналы первой ПЧ в полосе 0,95...2,05 ГГц, полученные на выходе МШУ конвертеров 1 в двух поляризациях (вертикальной и горизонтальной), подаются на два ресивера. После демодуляции видеосигнал проходит транскодер PAL/SECAM и совместно со звуковым сопровождением поступает на модуляторы 5 и конвертеры 6, осуществляющие перенос сигналов видео и звука в один из каналов МВ диапазона (48,5...294 МГц).

Конвертеры сигналов наземных ТВ (программ (7—12)), принятых на антенны МВ и ДЦВ диапазонов, переносят на частоты МВ диапазона. Далее наземные и спутниковые ТВ каналы поступают на активный сумматор 13, с выхода которого они подаются в распределительную кабельную сеть, и каждый абонент может выбрать интересующую его программу из систем спутникового или наземного телевидения.

Спутниковый ресивер построен по типовой схеме, включающей еще одно преобразование частоты, причем вторая ПЧ постоянная и равна 480 МГц. При выборе соответствующего частотного канала одновременно перестраиваются частота гетеродина и полоса фильтра на входе ресивера. После общего частотного демодулятора видеосигнал в полосе 0...5 МГц проходит восстанавливающий контур, который исключает введенные на входе модулятора предыскажения, а также устройство удаления сигналов дисперсии. В ресивере предусмотрена автоматическая регулировка усиления (AGC), воздействующая на УПЧ2, и автоматическая подстройка частоты (AFC). В предварительных каскадах видеоусиления имеется возможность изменять полярность видеосигнала.

Сигналы звукового сопровождения, имеющие разные поднесущие частоты и девиацию, выделяются фильтром с полосой 5...9 МГц и далее переносятся с помощью конвертера в полосу 10,7 с постоянной девиацией ±150 МГц и демодулируются. Перед усилителем звуковой частоты включен восстанавливающий контур, снимающий введенные на входе частотного модулятора звука предыскажения. Восстанавливающие контуры по видео и звуку соответствуют рекомендациям МККР. Для выбора требуемого канала звука частота гетеродина конвертера перестраивается в полосе 16,2...19,7 Мгц.

10. СЕРВИСНЫЕ УСТРОЙСТВА

В настоящее время все приемные системы спутникового ТВ вещания, выпускаемые зарубежными фирмами, оснащены сервисными устройствами, позволяющими дистанционно управлять не только элементами настройки и переключения ресивера, но

и наружным блоком — направлением приемной антенны, поляризатором.

Сервисное устройство дистанционной настройки приемной системы, описание которой приведено в разд. 8, включает пульт дистанционного управления, фотоприемник ИК излучения, модуль управления и специальный блок сопряжения. Пульт дистанционного управления предназначен для формирования, усиления и передачи на расстояние до 6 м импульсов ИК излучения, содержащих необходимую информацию для формирования исполнительной команды в блоке управления.

Фотоприемник предназначен для приема импульсов ИК излучения с ПДУ, преобразования их в электрические сигналы и последующего усиления.

Модуль управления вырабатывает напряжения, необходимые для установки соответствующих параметров приемника.

В [10] использованы промышленные блоки сервисных устройств, применяемые в телевизорах BANGA. Для сопряжения промышленных блоков с цепями управления ресивера предлагается специальный блок сопряжения, функции и схема которого описаны ниже.

С пульта дистанционного управления, предложенного в [10], можно выполнять следующие операции:

1) включать и выключать ресивер;

2) настраивать ресивер на каналы 0—55 и запоминать установленные напряжения настройки, причем при выключении аппарата из сети эта информация сохраняется длительное время;

3) переключать каналы в любом порядке и по кругу в обоих направлениях, причем система АПЧ сигнала изображения блокируется автоматически;

4) настраивать канал звука на поднесущие в интервале частот 5...8 МГц, при этом последняя настройка запоминается автоматически или при нажатии соответствующей кнопки;

5) переключать ширину полосы пропускания ресивера по каналу изображения;

6) переключать ширину полосы пропускания канала звука и запоминать ее;

7) переключать, плавно регулировать и запоминать на любом канале выбранную поляризацию принимаемого телевизионного канала.

Питание пульта дистанционного управления осуществляется от одного элемента "Корунд".

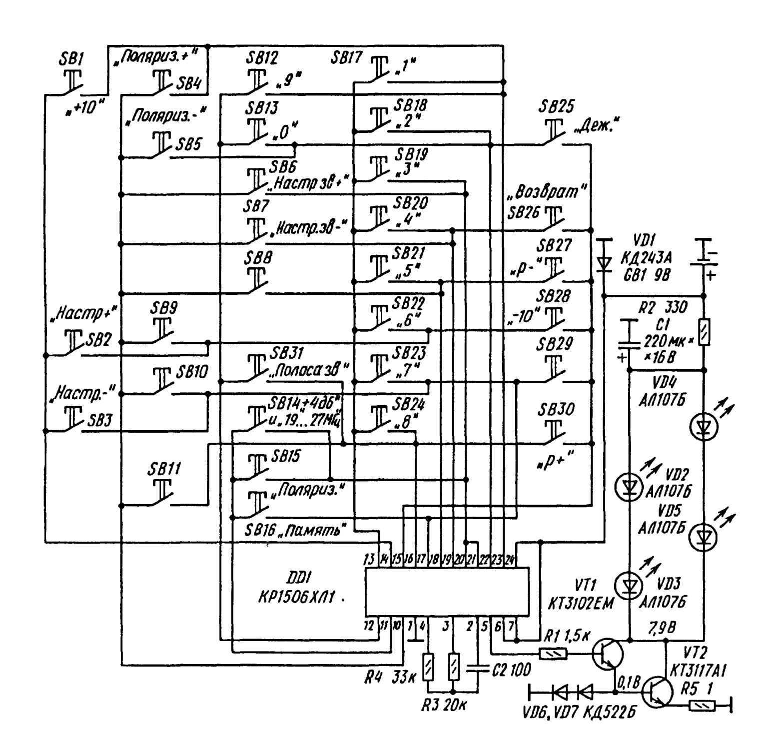


Рис. 66. Схема пульта дистанционного управления

Принципиальная схема ПДУ с измененными обозначениями (применительно к приемной установке СТВ) кнопок представлена на рис. 66. Назначение кнопок управления и их функциональное взаимодействие приведены ниже. Основным функциональным узлом ПДУ является специализированная интегральная микросхема DD1 (КР1506ХЛ1). При нажатии любой из кнопок на пульте происходит подключение одного из выводов 10, 11, 13—15 микросхемы DD1 к соответствующему выводу 16—23.

Микросхема генерирует синхронизирующий сигнал, частота которого определяется номиналами внешних элементов C2, R3, R4. При этом на выводе 5 DD1 формируется определенная команда в виде последовательности импульсов. Вывод 5 подключен к усилителю тока на транзисторах VT1 (КТ3102ЕМ) и VT2 (КТ3117А1). От этого усилителя осуществляется и питание светодиодов VD2—VD5 (АЛ107Б).

На рис. 67 приведена принципиальная схема фотоприемника и блока управления от промышленного ТВ приемника, ис-

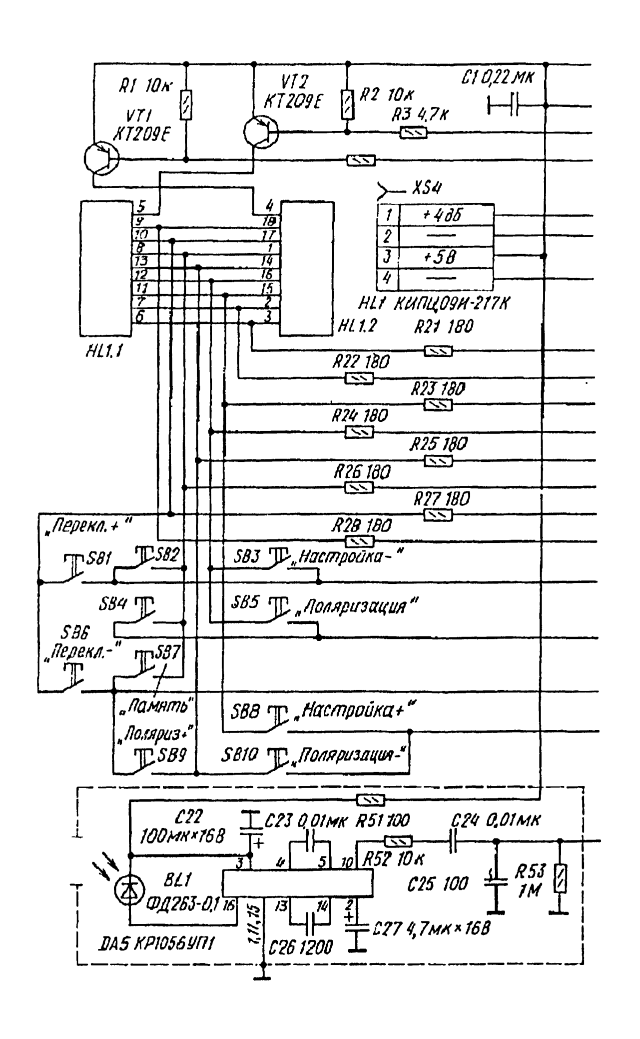
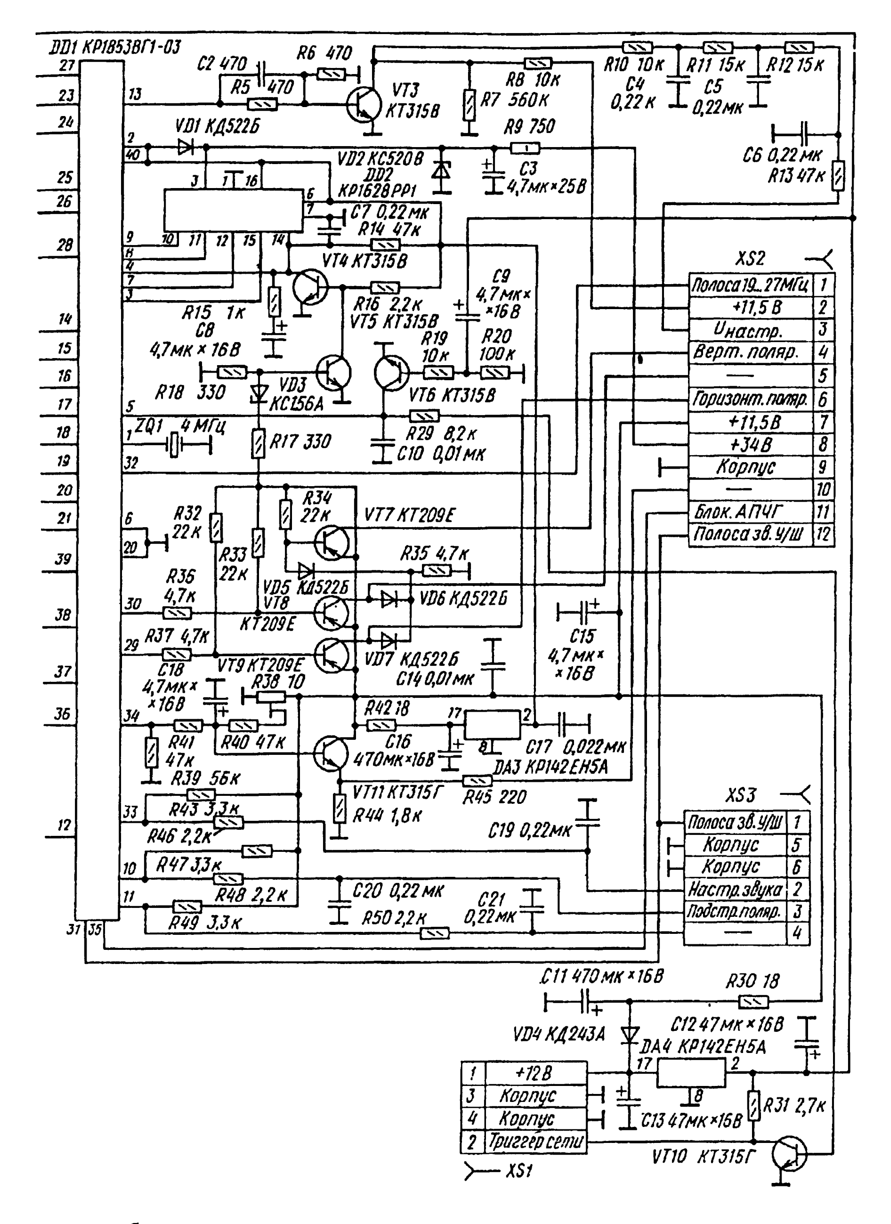


Рис. 67. Схема фотоприемника

пользуемая в ресивере без каких-либо изменений. Однако функции блока в данном случае изменились следующим образом.

С вывода 13 микросхемы DD1 (КР1853ВГ1-03) прямоугольные импульсы через цепь R5 C2 R6 поступают на базу транзис-



и блока управления

стора VT3 (КТ315В), в коллекторной цепи которого после сглаживающей цепи R10 C4 R11 C5 R12 C6 R13 формируется постоянное напряжение, воздействующее на варикапы селектора каналов. При нажатии кнопки SB3 ("Настройка —") ширина им-

пульсов, а соответственно и постоянное напряжение уменьшаются, а при нажатии кнопки SB2 ("Настройка +") — увеличиваются. Это настроечное напряжение (от 0 до 11,5 В) далее подводится ко входу операционного усилителя ресивера, на выходе которого оно уже будет изменяться в пределах 0...31 В.

На контакт 8 разъема XS2 (рис. 67) подводится напряжение +34 В от источника питания ресивера, при этом необходимо проверить соответствие резистора R9 номиналу 750 Ом.

Транзисторы VT7 и VT9 (КТ209Е) включают на вход приемника сигналы с вертикальной (VT7) или горизонтальной поляризацией. Транзистор VT8 не используется.

Вывод 35 микросхемы DD1 предназначается для блокировки системы АПЧГ на время переключения каналов.

С контакта 12 разъема XS2 или контакта 1 соединителя XS3 снимается напряжение для регулировки ширины полосы канала звука.

Контакт 2 разъема XS3 (рис. 67), подключенный через резистор R46 к выводу 33 микросхемы DD1, используется для настройки на соответствующую принимаемой программе поднесущую частоту звука. В этом случае в схему ресивера необходимо ввести устройство АПЧ звука.

При переходе с одного спутника на другой для подстройки поляризации сигнала используется напряжение, снимаемое с контакта 10 микросхемы DD1 (это напряжение выведено на контакт 3 разъема XS3).

С контакта 1 разъема XS4 подается напряжение, увеличивающее уровень видеосигнала на выходе ресивера на +4 дБ при использовании полосы 19 МГц (прием сигналов спутника ASTRA).

На контакт 1 разъема XS1 приходит напряжение +12 В, возникающее на выходе источника питания сразу же после включения его в сеть переменного тока. Контакт 2 этого разъема используется для перевода ресивера в дежурный режим и включения для нормальной работы. В данном случае конденсатор С9 (рис. 67) необходимо из схемы исключить (ресивер будет включаться с пульта ДУ).

Если на некоторых заводских платах выводы 2 микросхем DA3 и DA4 (КР142ЕН5А) соединены перемычкой, то ее следует удалить.

Принципиальная схема блока сопряжения приведена на рис. 68. Блок сопряжения включает цепи питания ресивера через ключевой каскад на транзисторах VT1 (КТ816А) и VT2 (КТ3102Б), открывающий одновременно все ключи источников напряжения ресивера +12, —12, +18 и +34 В. Напряжение +12 В

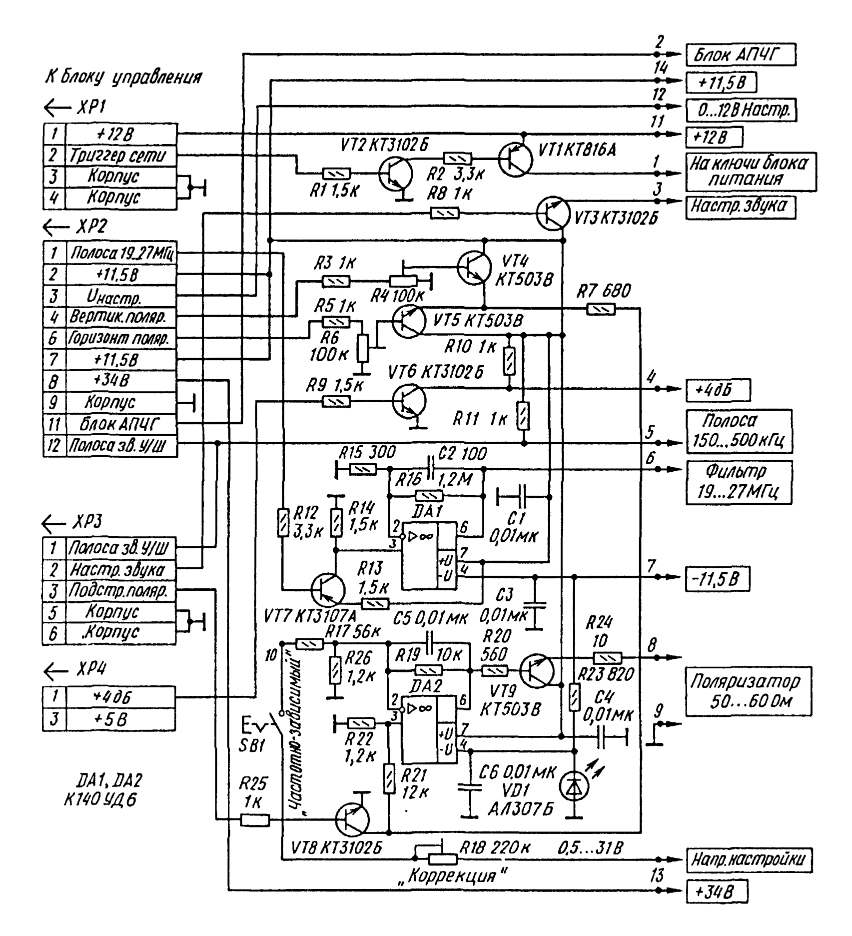


Рис. 68. Схема блока сопряжения

приходит на контакт 1 разъема XP1 блока сопряжения с источника питания сразу после подключения ресивера к сети.

С контакта разъема XP2 напряжение переключения фильтров тракта ПЧ видеосигнала ресивера воздействует на базу транзистора VT7 (КТ3107А), а с его коллектора — на вывод 3 микросхемы DA1 (К140УД6) и включает фильтр на 19 или 27 МГц.

Напряжения включения вертикальной (ВП) или горизонтальной поляризации (ГП) поступает с контактов 4 или 6 разъема XP2 соответственно. Подстроечные резисторы R4 (ВП) и R6 (ГП) позволяют изменять плоскость поляризации сигнала, причем резистором R6 можно изменить ее на 90°. В соответствии со схемой рис. 68 транзисторы VT4 и VT5 (КТ503В) через

резистор R7 нагружены на регулируемое сопротивление, роль которого играет транзистор VT8 (КТ3102Б). При подстройке поляризации напряжение управления поступает через контакт 3 разъема ХР3 от системы дистанционного управления.

Для частотно-зависимого ферромагнитного поляризатора током через его обмотку управляет микросхема DA2 (К140УД6), при этом контакты переключателя SB1 (см. рис. 47) должны быть замкнуты.

При замкнутых контактах SB1 на вывод 2 микросхемы DA2 (К140УД6) через делитель R17 R18 R26 подается напряжение 0...31 В. Установив максимальное напряжение на выводе 2 микросхемы для верхнего частотного канала, с помощью подстроечного резистора R18 (коррекция) добиваются наибольшего сигнала на индикаторе уровня в случае приема сигналов с горизонтальной поляризацией. Такую же настройку можно выполнить по минимуму приема сигналов с вертикальной поляризацией.

С выхода 6 микросхемы DA2 напряжение управления поступает на базу транзистора VT9 (КТ503В) эмиттерного повторителя. Резистор R24 ограничивает ток через поляризатор по максимуму.

Полоса пропускания канала звука 150...500 кГц устанавливается подачей напряжения 11,5 В на верхний по схеме вывод резистора R11. Настройку канала звука производят при подаче с контакта 2 соединителя ХР3 напряжения настройки на базу транзистора VT3 (КТ3102Б).

Эмиттерный повторитель на транзистора VT3 позволяет согласовывать высокоомный вход блока управления с низкоомным входным сопротивлением цепи настройки звука в ресивере.

Изменение уровня видеосигнала на выходе ресивера на +4 дБ (рис. 48) производится с помощью ключевого каскада на транзисторе VT6 (КТ3102Б), управляемого сигналом с контакта 1 разъема ХР4.

Остальные цепи управления подключены к ресиверу непосредственно.

Перед включением блока сопряжения необходимо произвести следующие изменения в ресивере:

1. Точку 12 блока (контакт 3 соединителя ХР2) присоединить к выводу резистора R157 (точка 32 низкочастотной части ресивера — рис. 48). Переменный резистор R186 ("Ручная настройка") и переключатель SB7 "Ручная-сенсорная настройка" из схемы исключить.

2. Точку 2 блока (контакт 11 разъема ХР2) подключить к точке 31, что позволяет задействовать цепь блокировки АПЧГ.

3. Точку 3 блока ("Настройка звука") соединить с точкой 16 (рис. 48). При этом резистор R82 из схемы удалить, а регулятор громкости R83 заменить на подстроечный, используя соответствующий регулятор в телевизоре.

4. Точку 4 блока подключить в точке 3 ресивера, из схемы которого исключить переключатель SB5 "+4 дБ".

5. Точку 5 блока соединить с точкой 17, а из схемы ресивера удалить переключатель SB3 ("Полоса 150...500 кГц").

6. Точку 6 блока подключить к выводу конденсатора С67 ВЧ части ресивера (см. рис. 47), а переключатель SB2 ("Полоса 19...27 МГц") при этом исключить.

7. Точки 8 и 9 блока соединить с разъемом, подключающим поляризатор.

8. На точку 10 блока подвести напряжение настройки варикапов гетеродина и входного перестраиваемого фильтра с вывода проходного конденсатора С12 ВЧ части ресивера.

9. Точку 13 блока (контакт 8 разъема XP2) подключить к выводу источника питания +34 В.

10. На точку 7 блока сопряжения необходимо подать напряжение —11,5 В.

Проверка системы дистанционного управления. Верхнее кнопочное поле пульта обеспечивает переключения и настройки ТВ каналов 0—55, кроме первой кнопки, используемой для переключения поляризации. Символ на экране в виде одной вертикальной черты соответствует приему сигналов с горизонтальной поляризацией, а символ V — с вертикальной.

При нажатии кнопки SB15 ("Поляриз.") выбирают сигнал с нужной поляризацией на данном частотном канале, а нажатием кнопки SB16 записывают ее в память.

Кнопки SB17—SB24 ("1—8"), SB12 ("9") и SB13 ("0") служат для выбора номера канала путем набора цифр младшего разряда, а кнопки SB28 ("—10") и SB1 ("+10") — для набора цифр старшего разряда.

После настройки частоты канала кнопками SB2 ("Настройка +") и SB3 ("Настройка —") набранный номер канала может быть записан в память нажатием кнопки SB16.

При нажатии кнопок SB27 ("Р —") и SB30 ("Р +") на индикаторе появляются две промежуточные настройки, индицируемые в виде "А1" и "А2".

Процесс настройки отображается на цифровом индикаторе миганием цифр и сменой после каждого пробега диапазона указанных выше символов поляризации (ВП — "V"; ГП — "1"). Момент нажатия кнопки SB16 ("Память") индицируется на цифровом табло символом [] в течение 1 с.

Три крайние левые кнопки (SB10, SB11, SB29), расположенные в нижнем наборном поле пульта дистанционного

управления, не используются и могут быть удалены. При работе с ТВ приемником эти кнопки предназначены для регулировки громкости.

С помощью кнопки SB14 ("+4 дБ" и "Полоса 19...27 МГц") переключаются фильтры тракта ПЧ и одновременно включается дополнительное усиление видеосигнала на выходе ресивера. При включении фильтра с полосой 19 МГц на индикаторе слева вверху высвечивается точка, а при повторном нажатии кнопки SB14 включается фильтр с полосой 27 МГц, при этом точка гаснет.

Кнопками SB6 ("Настр. зв. +") и SB7 ("настр. зв. —") можно изменять настройку на поднесущую частоту звукового сопровождения принимаемой программы, при этом номер канала высвечивается на экране индикатора. При задержке этой настройки на время более 6 мин она зафиксируется в памяти автоматически.

Поляризацию принимаемого сигнала можно скорректировать с помощью кнопок SB4 ("Поляриз. +") и SB5 ("Поляриз. —"), причем эта настройка зафиксируется в памяти при задержке более 6 мин.

При последовательном нажатии на кнопку SB31 ("Полоса зв.") устанавливается либо узкая, либо широкая полоса канала звукового сопровождения и необходимая полоса запоминается при нажатии кнопки SB16.

Следует помнить, что любое подключение или изменение настройки не изменит информации, хранящейся в памяти, без нажатия кнопки SB16.

Включение ресивера производится нажатием любой из клавиш набора цифр младшего разряда (SB17—SB24 и SB12, SB13), при этом высвечивается на индикаторе номер выбранного канала. Перевод ресивера в режим дежурного приема производится кнопкой SB25 ("Деж."), при этом на цифровом индикаторе высвечивается символ в виде горизонтальной черты.

Конструктивно блок сопряжения выполнен на печатной плате из одностороннего фольгированного стеклотекстолита толщиной 1 мм, размещение радиокомпонент и схема печатного монтажа платы представлены на рис. 69.

Вместо микросхем К140УД6 (DA1, DA2) могут быть применены К544УД2 или К544УД1 с любым буквенным индексом. При этом выводы 1 и 8 каждой микросхемы необходимо замкнуть между собой. Транзисторы КТ3102Б, КТ3107А, КТ503В можно заменить любыми кремниевыми соответствующей мощности и проводимости. В качестве резисторов R4 и R6 применены СП3-38. Постоянные резисторы и конденсаторы какого-либо специального подбора не требуют.

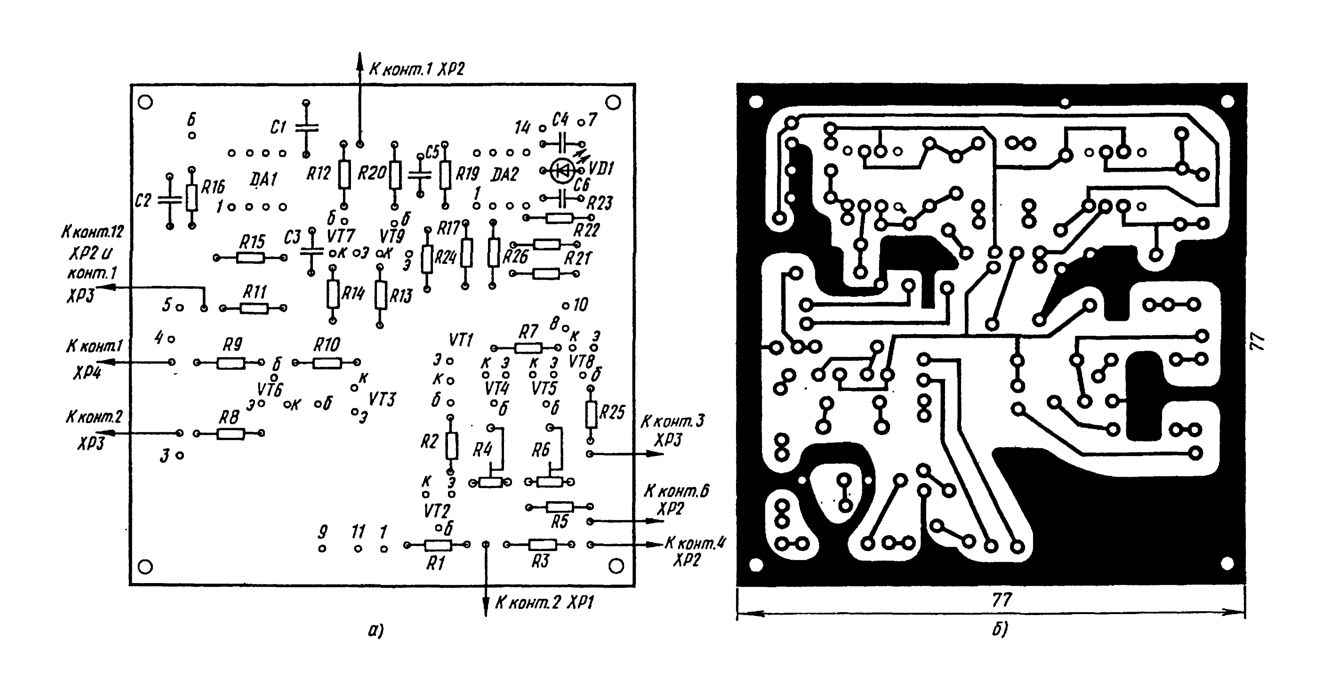


Рис. 69. Печатная плата и размещение деталей блока сопряжения

11. МОНТАЖ И ЭКСПЛУАТАЦИЯ ПРИЕМНЫХ УСТАНОВОК

Как уже отмечалось, для индивидуальных установок с диаметром антенн до 2 м наиболее распространенной является полярная подвеска с ориентировкой оси вращения антенны в направлении на Полярную звезду (направление север — юг).

Спутниковую антенну можно установить прямо на земле (при наличии собственного земельного участка), на крыше многоэтажного дома или на балконе, а также на стене дома.

При установке на крыше дома или балконе следует принять меры к сохранению ее элементов, особенно МШУ конвертора и кабеля, от похитителей.

В случае установки антенны на стене дома, по-видимому, придется воспользоваться услугами бригады монтажников с передвижной вышкой или альпинистов-высотников.

Для начальной установки антенны требуется знать координаты точки приема в угловых градусах и минутах, т.е. долготу λ и широту φ, и местоположение геостационарного спутника или долготу его подспутниковой точки λ_0.

Место установки антенны выбирают таким образом, чтобы окружающее пространство по фронту антенны, а также в пределах телесного угла ±15°, отсчитываемого от направления максимального приема, было свободным от затеняющих объектов — деревьев, зданий, антенных опор и других сооружений, влияющих на диаграмму направленности антенны.

Регулировкой положения зеркала антенны относительно полярной оси устанавливают угол склонения Δ.

Окончательная регулировка положения зеркала антенны производится по максимальному значению уровня сигнала приемной установки. После этих регулировок зеркало антенны и всю конструкцию необходимо прочно закрепить.

Предварительную ориентировку антенн на соответствующий спутник можно произвести, определив азимут А и угол места β по номограммам, приведенным на рис. 70,*а—в* [15].

Семейство кривых на рис. 70,*а*, выполненное для $\Delta\lambda$ = 0...90° через 2°, представляет собой зависимости азимута А от широты φ размещения станции и разности долгот станции λ и подспутниковой точки λ_0.

Разность $\Delta\lambda = \lambda - \lambda_0$ откладывается по горизонтальной оси, широта φ — по вертикальной. Внизу номограммы отложены вспомогательная шкала для $\Delta\lambda$ и двойная шкала азимутов А.

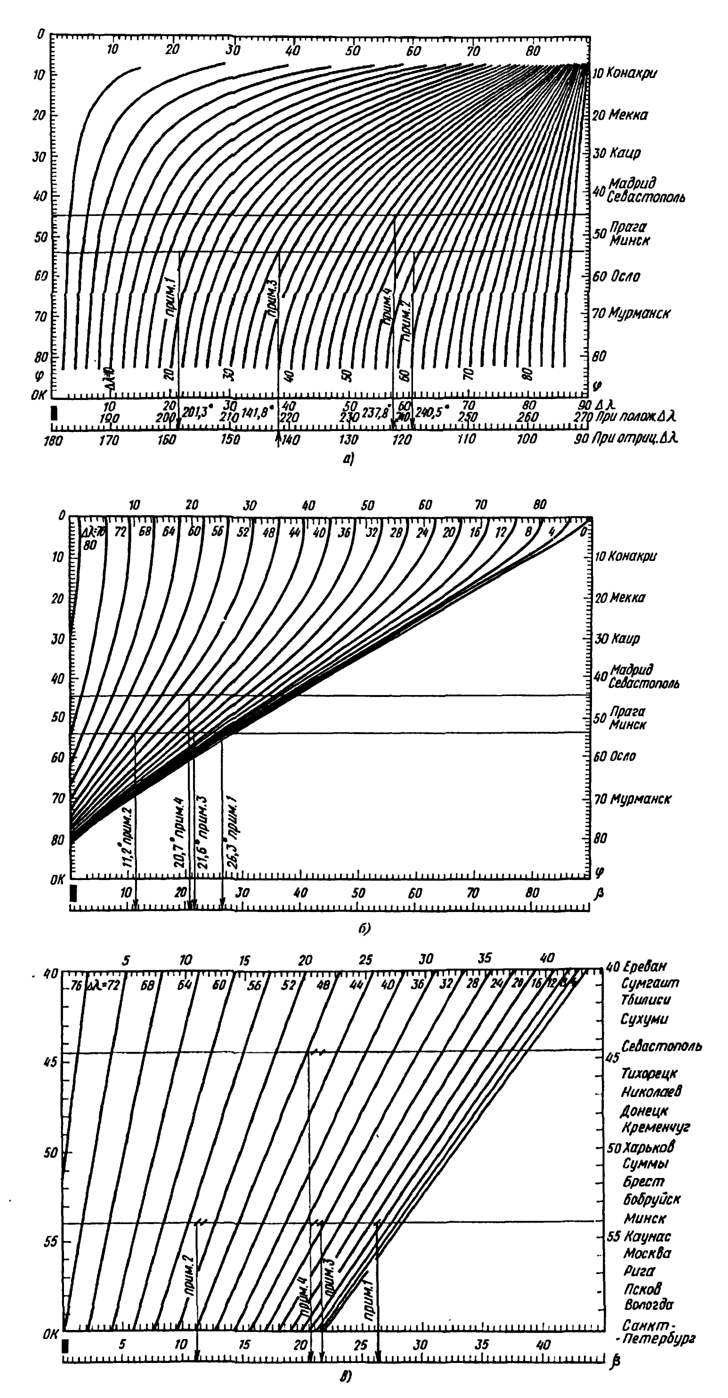


Рис. 70. Номограммы для предварительной ориентировки антенны

По верхней шкале азимут определяется для положительной разности долгот, по нижней — для отрицательной разности $\Delta\lambda$.

Долгота спутников, размещенных над западным полушарием (WEST), принимается минусовой, над восточным (EAST) — плюсовой.

На рис. 70,*б,в* приведены графики для определения угла места β антенны станции СТВ в направлении на интересующий пользователя спутник, причем график рис. 70,*в* повторяет график рис. 70,*б*, но для широты от 40 до 60°, что позволяет повышать точность отсчетов β для этих регионов. Семейство кривых на рис. 70,*б,в* выполнено для $\Delta\lambda$ через 2°.

Ниже приводятся примеры пользования номограммами рис.70.

Пример 1. Место установки антенны г. Минск: $\varphi = 54°$, $\lambda = 27{,}5°$ в.д., спутник EUTELSAT 2F2 ($\lambda_0 = 10°$ в.д.), $\Delta\lambda = 17{,}5°$;

проводим на графиках рис. 70,*а-в* линии, параллельные горизонтальной оси на широте $\varphi = 54°$ и отмечаем на них точки, соответствующие $\Delta\lambda = 17{,}5°$, по рис. 70,*а* отсчитываем азимут $A \approx 201{,}3°$, а по рис. 70,*б,в* — угол места $\beta \approx 27°$.

Пример 2. Место установки антенны г. Минск: $\varphi = 54°$, $\lambda = 27{,}5°$ в.д., спутник INTELSAT 601: $\lambda_0 = -27{,}5°$ з.д.; $\Delta\lambda = 55°$.

Проведя на графиках линии, параллельные горизонтальной оси на широте 54°, находим кривую, соответствующую $\Delta\lambda = 55°$. Опустив перпендикуляр из точки пересечения кривой $\Delta\lambda = 55°$ с параллелью $\varphi = 54°$ вниз, находим $A \approx 240{,}5°$ (рис. 70,*а*), $\beta \approx 12°$ (рис. 70,*б,в*).

Пример 3. г. Минск: $\varphi = 54°$, $\lambda_0 = 27{,}5°$ в.д., спутник INTELSAT 604 $\lambda_0 = 60°$ в.д., $\Delta\lambda = 27{,}5-60 = -32{,}5°$.

Опустив перпендикуляр из точки пересечения кривой для $\Delta\lambda = 32{,}5°$ и параллели $\varphi = 54°$ вниз до пересечения со шкалой азимутов по рис. 70,*а*, находим по нижней шкале (для отрицательных значений $\Delta\lambda$) $A \approx 142°$, а по рис. 70,*б,в* определяем $\beta \approx 22°$.

Некоторое расхождение результатов отсчета угла места β по графикам рис. 70,*б,в* объясняется их схождением на высоких широтах. Тем не менее точность отсчетов по номограммам для первоначальной установки антенн вполне приемлема.

При эксплуатации приемной установки следует учитывать два явления: "затенение" спутника Землей и "ослепление" приемной установки Солнцем.

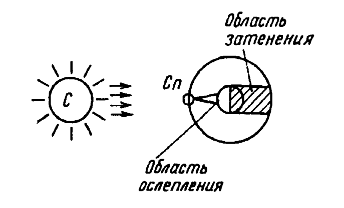


Рис. 71. Явления ослепления и затенения антенны спутникового ТВ вещания

Затенение заключается в том, что в период весеннего (с 1 марта по 11 апреля) и осеннего равноденствия (с 1 сентября по 11 октября) спутники, работающие на геостационарной орбите, определенное время находятся в тени Земли (рис. 71). Это происходит раз в сутки в полночь в точках, имеющих ту же географическую долготу, что и позиция спутника. Наибольшее время затенения не превышает 70 мин и бывает 21 марта и 23 сентября. Во время затенения прием сигналов невозможен. Это явление учитывается при планировании телепрограмм.

Явление ослепления заключается в резком увеличении шумов в моменты, когда Солнце находится в створе диаграммы направленности антенны ЗС. В зависимости от диаметра антенны ослепление может наблюдаться от единиц до нескольких десятков минут ежедневно и на протяжении нескольких дней.

Это явление устранить нельзя и необходимо лишь учитывать при эксплуатации приемной установки.

Эксплуатация приемных установок заключается в проведении профилактических работ с наружным блоком. В осенне-зимнее время необходимо очищать рабочие поверхности антенн от снега и льда, так как слой мокрого снега или льда толщиной 10 мм может привести к заметному снижению уровня сигнала.

Ржавчина на зеркале антенны также приводит к ухудшению качества изображения, обледенение исполнительных механизмов привода антенны может вызвать нарушение их нормальной работы.

В период эксплуатации необходимо регулярно удалять грязь и пыль с антенны, не допускать повреждения и деформаций поверхности зеркала и кабеля снижения, выполнять рекомендации по обслуживанию механизма привода, указанные в инструкции по его эксплуатации.

12. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО СОЗДАНИЮ ПРИЕМНЫХ УСТАНОВОК В ДОМАШНИХ УСЛОВИЯХ

Опыт, накопленный по монтажу и эксплуатации этих установок фирмой "Телесет", показал, что для уверенного приема

сигналов в Москве от западноевропейских спутников необходимо иметь антенны размерами не менее указанных в табл. 13.

Ориентировочно стоимость антенн диаметром от 1,5 до 2 м составляет до 30 % и антенн от 2 до 3,5 м — 50 % стоимости всего комплекта приемной установки.

Изготовление зеркала таких размеров и опорно-поворотного устройства в условиях городских квартир практически невозможно.

Учитывая технологические сложности изготовления поляризаторов и конвертеров в радиолюбительских условиях, а также отсутствие отечественных СВЧ транзисторов с хорошими шумовыми характеристиками (типа ТВПЭ), по-видимому, целесообразно ориентироваться на МШУ покупных конвертеров.

Т а б л и ц а 13. **Рекомендуемые размеры антенн для приема спутникового ТВ вещания в Москве**

Название спутникаи долгота, град	Название ТВ программы	Диаметр антенны, см	Язык, на котором идет ТВ программа
ASTRA (19,2° в.д.)	MTV Европы	300	Английский
EUTELSAT 2F1 (13° в.д.)	WORLDNET	200	"
	TV5	200	Французский
	SUPER CHANNEL	200	Английский
	DEUTCHE WELLE	200	Немецкий
	Britich Telecom	200	Английский
	Евроновости		Английский, немецкий
EUTELSAT 2F2 (10° в.д.)	Гвадалахара	—	Испанский
	TVE INT	200	"
	RAI UNO	200	Итальянский
	RAI DUE	200	"
EUTELSAT 2F3 (16° в.д.)	Marconi	200	Португальский
	Polsat	200	Польский
	TV Польши	250	"
EUTELSAT 2F4 (7° в.д.)	PIC 1-Никозия	150...180	Греческий, турецкий
	ET1	150...180	Греческий
	TRV-Белград	150...180	Югославский
INTELSAT 15 (18,5° з.д.)	Италия	200	—
	ТВ Норвегия	200	—
INTELSAT 601 (27,5° з.д.)	BBC в Европе	200	Английский
	Парламентский час	300	"
	Канал для детей	300	"
INTELSAT 602 (63° в.д.)	Италия 1	300	Итальянский
	RETE 4	250	"
INTELSAT 604 (60° в.д.)	TRT1	180	Турецкий
	TRT2	180	"

В самом деле, уменьшение коэффициента шума приемника на 1,5...2 дБ позволит уменьшить диаметр антенны на 25...30 % и тем самым за счет удешевления антенны компенсировать затраты на приобретение импортного конвертера.

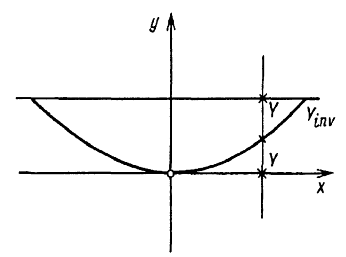


Рис. 72. Координаты к расчетам антенны диаметрами 2 и 2,5 м

Поэтому можно рекомендовать ресивер собственного изготовления (например, конструкции А.Гольцова) укомплектовать покупными антенной, импортными МШУ конвертерами с коэффициентом шума 0,7...1,5 дБ.

В этом случае приемная установка по чувствительности к приему слабых сигналов не будет уступать лучшим образцам фирмы "Телесет" и "Белка Лтд". Надежность ее работы будет определяться в основном надежностью ресивера.

Вместе с тем если появится возможность и желание испробовать свои силы по изготовлению зеркала в домашних условиях, то можно рекомендовать форму параболы рассчитать по формуле $X^2 = 4FY$, где X и Y — соответствующие прямоугольные координаты (рис. 72), а F — фокусное расстояние параболы (см. рис. 15).

Можно воспользоваться данными расчета параболических зеркал диаметрами 2 и 2,5 м, выполненных литовским радиолюбителем В.Кетнерсом, который также рекомендует следующую технологию изготовления зеркала.

Изготавливается специальная форма или шаблон из кирпича и бетона (рис. 73). Из специального листа толщиной 4 мм выполняется лекало, форма которого повторяет параболу зеркала. Лекало крепится на вертикальной оси, выполненной из трубы, которая устанавливается между потолком и полом в подшипниках. Для жесткости к лекалу привинчиваются уголки на болтах, сварку применять нельзя во избежание деформации лекала. Лекало с ребрами жесткости крепится на высоте около 70 см от пола. Пространство от пола до лекала заполняется камнями, кирпичом на бетонном растворе.

Верхний слой бетонного основания армируется стальной проволокой. Выравнивание поверхности верхнего слоя производится цементным раствором в соотношении две части песка и мелкого гравия и одна часть цемента. Гравий и песок предварительно необходимо просеять через сито с ячейкой не более 1 мм, так как поверхность бетонного основания (шаблона зеркала) необходимо выполнить с точностью до 0,5 мм.

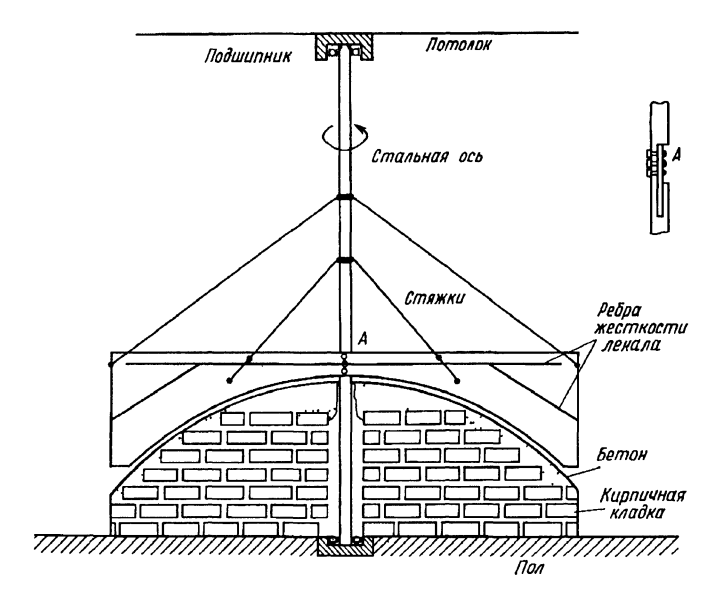


Рис 73 Шаблон из кирпича и бетона, крепление вертикальной трубы и лекала

После затвердения бетона, через одну-две недели, поверхность шлифуют наждачной бумагой и покрывают слоем парафина, выравнивая тем самым ее до необходимой точности. Далее всю поверхность покрывают воском или маслом и слегка полируют. После этого форма готова для изготовления зеркала антенны, предварительно лекало и трубу необходимо из шаблона удалить.

Далее начинается процесс формирования зеркала антенны. В качестве материалов применяют: стеклоткань, эпоксидную или полиэфирную смолы, пенопласт и деревянные бруски. Эпоксидная смола должна быть смешана с отвердителем и наполнителем, предотвращающим течь смолы, т.е. необходимо подготовить так называемую эпоксидную шпаклевку. Когда все компоненты подготовлены, можно приступить к изготовлению зеркала.

Пенопласт нужно предварительно заготовить в виде брусков габаритными размерами 100×100×300 мм, данные бруски будут далее использоваться в качестве ребер жесткости, закрепляемых с тыльной поверхности зеркала. Деревянные бруски размером 50×50×50 мм размещаются в точках пересечения радиальных и центрального ребер жесткости.

С помощью кисти шаблон зеркала намазывается ровным слоем эпоксидной шпаклевки, и на этот клей накладывается первый слой ткани — желательно одним куском (без стыков). Для первого слоя желательно применять мелкоструктурную стеклоткань.

Действуя таким же образом, накладывают второй и третий слои стеклоткани (всего до пяти слоев). Процесс наклейки слоев стеклоткани нельзя прерывать, иначе затвердеют нижние слои.

После формирования зеркала необходимо с тыльной стороны его закрепить восемь радиальных ребер жесткости и два по периметру зеркала: одно ребро на краю параболы и второе примерно на расстоянии половины радиуса параболы. Радиальные и окружные ребра обклеиваются двумя-тремя слоями стеклоткани, в местах пересечения радиальных и внутреннего окружного ребер вклеиваются деревянные бруски габаритными размерами 50×50×50 мм. К этим брускам зеркало закрепляется на несущей конструкции опорно-поворотного устройства антенны.

Через наружное окружное ребро жесткости отворачиваются все лишние края слоев стеклоткани; тем самым формируется правильный бортик параболы. Ребра жесткости не рекомендуется выполнять из металлических профилей в связи с тем, что металл и пластик имеют разные коэффициенты линейного расширения и зеркало антенны с изменением температуры может деформироваться, что приведет к заметному ухудшению направленных свойств антенны.

По истечении двух суток зеркало снимают с шаблона, обезжиривают лицевую сторону и приступают к оклейке ее тонкой алюминиевой фольгой. Алюминиевая фольга наклеивается полосками такой величины, чтобы можно было тщательно пригладить без морщин и разрывов. Необходимо следить, чтобы между полосками фольги не было зазоров, которые ухудшают электрические характеристики антенны. Оклейку зеркала антенны фольгой рекомендуется производить клеем БФ-2.

Предупреждение: эпоксидный клей, стеклоткань не безвредны для человека, поэтому рекомендуется работать в резиновых перчатках.

Крепление поляризатора и МШУ конвертера в фокусе параболы выполняется с помощью трех штанг, закрепляемых на краю зеркала со сдвигом 120° по отношению друг к другу. Для штанг можно использовать трубки, уголки и другие профили из дюралюминия или другого материала, достаточно жесткого, чтобы они не деформировались при ветровой нагрузке до 100 км/ч.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение 1
Данные расчета антенн диаметрами 2 и 2,5 м

X	Y	Y in v	X	Y	Y in v
Диаметр 2000 мм, фокус 750 мм					
0	0,00	333,33	225	16,88	316,46
5	0,01	333,33	230	17,63	315,70
10	0,03	333,30	235	18,41	314,93
15	0,08	333,26	240	19,20	314,18
20	0,13	333,20	245	20,01	313,33
25	0,21	333,13	250	20,83	312,50
30	0,30	333,03	255	21,67	311,66
35	0,41	332,93	260	22,53	310,80
40	0,53	332,80	265	23,41	309,93
45	0,68	332,66	270	24,30	309,03
50	0,83	332,50	275	25,21	308,13
55	1,01	332,33	280	26,13	307,20
60	1,20	332,13	285	27,08	306,26
65	1,41	331,93	290	28,03	305,30
70	1,63	331,70	295	29,01	304,33
75	1,87	331,46	300	30,00	303,33
80	2,13	331,20	305	31,01	302,33
85	2,41	330,93	310	32,03	301,30
90	2,70	330,63	315	33,08	300,26
95	3,01	330,33	320	34,13	299,20
100	3,33	330,00	325	35,21	298,13
105	3,67	329,66	330	36,30	297,03
110	4,03	329,30	335	37,41	295,93
115	4,41	328,93	340	38,53	294,80
120	4,80	328,53	345	39,67	293,66
125	5,21	328,12	350	40,83	292,50
130	5,63	327,70	355	42,01	291,33
135	6,07	327,26	360	43,20	290,13
140	6,53	326,80	365	44,41	288,93
145	7,01	326,33	370	45,63	287,70
150	7,50	325,83	375	46,87	286,46
155	8,01	325,33	380	48,13	285,20
160	8,53	324,80	385	49,41	283,93
165	9,07	324,26	390	50,70	282,63
170	9,63	323,70	395	52,01	281,33
175	10,21	323,13	400	53,33	280,00
180	10,80	322,53	405	54,67	278,66
185	11,41	321,93	410	56,03	277,30
190	12,03	321,30	415	57,41	275,93
195	12,68	320,66	420	58,80	274,53
200	13,33	320,00	425	60,21	273,13
205	14,01	319,33	430	61,63	271,70
210	14,70	318,63	435	63,08	270,26
215	15,41	317,93	440	64,53	268,80
220	16,13	317,20	445	66,01	267,33

X	Y	Y in v	X	Y	Y in v
450	67,50	265,83	695	161,01	172,33
455	69,01	264,33	700	163,33	170,00
460	70,53	262,80	705	165,68	167,66
465	72,07	261,26	710	168,03	165,30
470	73,63	259,70	715	170,41	162,93
475	75,21	258,13	720	172,80	160,53
480	76,80	256,53	725	175,21	158,13
485	78,41	254,93	730	177,63	155,70
490	80,03	253,30	735	180,07	153,26
495	81,68	251,66	740	182,53	150,80
500	83,33	250,00	745	185,01	148,33
505	85,01	248,33	750	187,50	145,83
510	86,70	246,63	755	190,01	143,33
515	88,41	244,93	760	192,53	140,80
520	90,13	243,20	765	195,07	138,26
525	91,88	241,46	770	197,63	135,70
530	93,63	239,70	775	200,21	133,13
535	95,41	237,93	780	202,80	130,53
540	97,20	236,13	785	205,41	127,93
545	99,01	234,33	790	208,03	125,30
550	100,83	232,50	795	210,68	122,66
555	102,68	230,66	800	213,33	120,00
560	104,53	228,80	805	216,01	117,33
565	106,41	226,93	810	218,70	114,63
570	108,30	225,03	815	221,41	111,93
575	110,21	223,13	820	224,13	109,20
580	112,13	221,20	825	226,88	106,46
585	114,07	219,26	830	229,63	103,70
590	116,03	217,30	835	232,41	100,93
595	118,01	215,33	840	235,20	98,13
600	120,00	213,33	845	238,01	95,33
605	122,01	211,33	850	240,83	92,50
610	124,03	209,30	855	243,68	89,66
615	126,07	207,26	860	246,53	86,80
620	128,13	205,20	865	249,41	83,93
625	130,21	203,13	870	252,30	81,03
630	132,30	201,03	875	255,21	78,13
635	134,41	198,93	880	258,13	75,20
640	136,53	196,80	885	261,08	72,26
645	138,68	194,66	890	264,03	69,30
650	140,83	192,50	895	267,01	66,33
655	143,01	190,33	900	270,00	63,33
660	145,20	188,13	905	273,01	60,33
665	147,41	185,93	910	276,03	57,30
670	149,63	183,70	915	279,08	54,26
675	151,88	181,46	920	282,13	51,20
680	154,13	179,20	925	285,21	48,13
685	156,41	176,93	930	288,30	45,03
690	158,70	174,63	935	291,41	41,93

X	Y	Y in v	X	Y	Y in v
940	294,53	38,80	975	316,88	16,46
945	297,67	35,66	980	320,13	13,20
950	300,83	32,50	985	323,41	9,93
955	304,01	29,33	990	326,70	6,63
960	307,20	26,13	995	380,01	3,33
965	310,41	22,93	1000	333,33	0,00
970	313,63	19,70	1000	333,33	0,00
Диаметр 2500 мм, фокус 937,5 мм					
0	0,00	416,67	195	10,14	406,53
5	0,01	416,66	200	10,67	406,00
10	0,03	416,64	205	11,21	405,46
15	0,06	416,61	210	11,76	404,91
20	0,11	416,56	215	12,33	404,34
25	0,17	416,50	220	12,91	403,76
30	0,24	416,43	225	13,50	403,17
35	0,33	416,34	230	14,11	402,56
40	0,43	416,24	235	14,73	401,94
45	0,54	416,13	240	15,36	401,31
50	0,67	416,00	245	16,01	400,66
55	0,81	415,86	250	16,67	400,00
60	0,96	415,71	255	17,34	399,33
65	1,13	415,54	260	18,03	398,64
70	1,31	415,36	265	18,73	397,94
75	1,50	415,17	270	19,44	397,23
80	1,71	414,96	275	20,17	396,50
85	1,93	414,74	280	20,91	395,76
90	2,16	414,51	285	21,66	395,01
95	2,41	414,26	290	22,43	394,24
100	2,67	414,00	295	23,21	393,46
105	2,94	413,73	300	24,00	392,67
110	3,23	413,44	305	24,81	391,86
115	3,53	413,14	310	25,63	391,04
120	3,84	412,83	315	26,46	390,21
125	4,17	412,50	320	27,31	389,36
130	4,51	412,16	325	28,17	388,50
135	4,86	411,81	330	29,04	387,63
140	5,23	411,44	335	29,93	386,74
145	5,61	411,06	340	30,83	385,84
150	6,00	410,67	345	31,74	384,93
155	6,41	410,26	350	32,67	384,00
160	6,83	409,84	355	33,61	383,06
165	7,26	409,41	360	34,56	382,11
170	7,71	408,96	365	35,53	381,14
175	8,17	408,50	370	36,51	380,16
180	8,64	408,03	375	37,50	379,17
185	9,13	407,54	380	38,51	378,16
190	9,63	407,04	385	39,53	377,14

X	Y	Y in v	X	Y	Y in v
390	40,56	376,11	635	107,53	309,14
395	41,61	375,06	640	109,23	307,44
400	42,67	374,00	645	110,94	305,73
405	43,74	372,93	650	112,67	304,00
410	44,83	371,84	655	114,41	302,26
415	45,93	370,74	660	116,16	300,51
420	47,04	369,63	665	117,93	298,74
425	48,17	368,50	670	119,71	296,96
430	49,31	367,36	675	121,50	295,17
435	50,46	366,21	680	123,31	293,36
440	51,63	365,04	685	125,13	291,54
445	52,81	363,86	690	126,96	289,71
450	54,00	362,67	695	128,81	287,86
455	55,21	361,46	700	130,67	286,00
460	56,43	360,24	705	132,54	284,13
465	57,66	359,01	710	134,43	282,24
470	58,91	357,76	715	136,33	280,34
475	60,17	356,50	720	138,24	278,43
480	61,44	355,23	725	140,17	276,50
485	62,73	353,94	730	142,11	274,56
490	64,03	352,64	735	144,06	272,61
495	65,34	351,33	740	146,03	270,64
500	66,67	350,00	745	148,01	268,66
505	68,01	348,66	750	150,00	266,67
510	69,36	347,31	755	152,01	264,66
515	70,73	345,94	760	154,03	262,64
520	72,11	344,56	765	156,05	260,61
525	73,50	343,17	770	158,11	258,56
530	74,91	341,76	775	160,17	256,50
535	76,33	340,34	780	162,24	254,43
540	77,76	338,91	785	164,33	252,34
545	79,21	337,46	790	166,43	250,24
550	80,67	336,00	795	168,54	248,13
555	82,14	334,53	800	170,67	246,00
560	83,63	333,04	805	172,81	243,86
565	85,13	331,54	810	174,96	241,71
570	86,64	330,03	815	177,13	239,54
575	88,17	328,50	820	179,31	237,36
580	89,71	326,96	825	181,50	235,17
585	91,26	325,41	830	183,71	232,96
590	92,83	323,84	835	185,93	230,74
595	94,41	322,26	840	188,16	228,51
600	96,00	320,67	845	190,41	226,26
605	97,61	319,06	850	192,67	224,00
610	99,23	317,44	855	194,94	221,73
615	100,86	315,81	860	197,23	219,44
620	102,51	314,16	865	199,53	217,74
625	104,17	312,50	870	201,84	214,83
630	105,84	310,83	875	204,17	212,50

X	Y	Y in v	X	Y	Y in v
880	206,51	210,16	1065	302,46	114,21
885	208,86	207,81	1070	305,31	111,36
890	211,23	205,44	1075	308,17	108,50
895	213,61	203,06	1080	311,04	105,63
900	216,00	200,67	1085	313,93	102,74
905	218,41	198,26	1090	316,83	99,84
910	220,83	195,84	1095	319,74	96,84
915	223,26	193,41	1100	322,67	94,00
920	225,71	190,96	1105	325,61	91,06
925	228,17	188,50	1115	328,56	88,11
930	230,64	186,03	1120	331,53	85,14
935	233,13	183,54	1125	334,51	82,16
940	235,63	181,04	1130	337,50	79,17
945	238,14	178,53	1135	340,51	76,16
950	240,67	176,00	1140	343,53	73,14
955	243,21	173,46	1145	346,56	70,11
960	245,76	170,91	1150	349,61	67,06
965	248,33	168,34	1155	352,67	64,00
970	250,91	165,76	1160	355,74	60,93
975	253,50	163,17	1165	358,83	57,84
980	256,11	160,56	1170	361,93	54,74
985	258,73	157,93	1175	365,04	51,63
990	261,36	155,31	1180	368,17	48,50
995	264,01	152,68	1185	371,31	45,36
1000	266,67	150,00	1190	374,46	42,21
1005	269,34	147,33	1195	377,63	39,04
1010	272,03	144,64	1200	380,81	35,86
1015	274,73	141,94	1205	384,00	32,67
1020	277,44	139,23	1210	387,21	29,46
1025	280,17	136,50	1215	390,43	26,24
1030	282,91	133,76	1220	393,66	23,01
1035	285,66	131,01	1225	396,91	19,76
1040	288,43	128,24	1230	400,17	16,50
1045	291,21	125,46	1235	403,44	9,94
1050	294,00	122,67	1240	406,73	6,64
1055	296,81	119,86	1245	410,03	3,33
1060	299,63	117,04	1250	413,34	0,00
				416,67	

П р и л о ж е н и е 2

Номинальные значения частоты несущих и границ полос радиоканалов ТВ вещания

Т а б л и ц а П2.1. **Метровый диапазон (стандарт D)**

Номер канала	Полоса частот, МГц	Частота несущих, МГц		Специальные каналы		
		видео	звука	номер канала	частота несущих, МГц	
					видео	звука
Р1	48,5...56,5	49,75	56,25	СК1	111,25	117,75
Р2	58...66	59,25	65,75	СК2	119,25	125,75
Р3	76...84	77,25	83,75	СК3	127,25	133,75
Р4	84...92	85,25	91,75	СК4	135,25	141,75
Р5	92...100	93,25	99,75	СК5	143,25	149,75
Р6	174...182	175,25	181,75	СК6	157,25	157,25
Р7	182...190	183,25	189,75	СК7	159,25	165,75
Р8	190...198	191,25	197,75	СК8	167,25	173,75
Р9	198...206	199,25	205,75	СК11	231,25	237,75
Р10	206...214	207,25	213,75	СК15	253,25	269,75
Р11	214...222	215,25	221,75	СК18	287,25	293,75
Р12	222...230	223,25	229,75			

Т а б л и ц а П2.2. **Метровый диапазон (стандарт В)**

Номер канала	Полоса частот, МГц	Частота несущих, МГц	
		видео	звука
Е2	47...54	48,25	53,75
Е-2А	48,5...55,5	49,75	55,25
Е-3	54...61	55,25	60,75
Е-4	61...68	62,25	67,75
Е-5	174...181	175,25	180,75
Е-6	181...188	182,25	187,75
Е-7	188...195	189,25	194,75
Е-8	195...202	196,25	201,75
Е-9	202...209	203,25	208,75
Е-10	209...216	210,25	215,75
Е-11	216...223	217,25	222,75
Е-12	223...230	224,25	229,75

Таблица П2.3. **Дециметровый диапазон (стандарты K, K1 или L; для стандартов G и H частота звука меньше на 1 МГц по сравнению с данными, представленными в таблице)**

Номер канала	Полоса частот, МГц	Частота несущих, МГц	
		видео	звука
21	470...478	471,25	477,25
25	502...510	511,25	517,75
30	542...550	543,25	549,75
35	582...590	583,25	589,75
40	622...630	623,25	629,75
45	662...670	663,25	669,75
50	702...710	703,25	709,75
55	742...750	743,25	749,75
60	782...790	783,25	789,75
65	822...830	823,25	829,75
70	862...870	863,25	869,75
75	902...910	903,75	909,75
80	942...950	943,25	949,75
81	950...958	951,25	957,75

Примечание. Стандарт D принят в государствах СНГ, Болгарии, Польше, Румынии, Венгрии, Словакии, Чехии, Албании. Стандарты K, K1 применяются в странах ОИРТ (см. выше) и странах Африки. Стандарт L применяется во Франции в ДЦВ диапазоне.

Приложение 3
Список аббревиатур, используемых в СТВ

ADR — Astra Digital Radio (англ.) — передача радиопрограмм в цифровом виде (синоним термина MPEG)
Aktuator — одноповоротный механизм антенны при полярной подвеске, состоящий из штока, герметичного кожуха, где размещена пара "винт — гайка", реверсивного электромотора и редуктора
AFC — Automatic Frequency Control (англ.) — автоматическая подстройка частоты в приемниках и, в частности, в ресиверах (рус. АПЧ)
AGC — Automatic Gain Control (англ.) — АРУ (рус.) — автоматическая регулировка усиления
Audiobuche — автоматический (для стерео — парный) двухконтактный разъем
Autofocus — устройство наведения на спутник, управляющее принятыми сигналами
Anlage — установка, устройство
AV (A\V) — Audio\Video — звук\видеосигнал
AZ\EL — азимутально-угломестная подвеска
Baseband — основная арендуемая полоса частот за передачу ТВ программы (в системе SECAM (Россия) полоса 8 МГц)
BBC — World Service (Всемирная служба BBC — Britisch Broadcasting Corp.)
Beam — луч, пятно; используют выражения "ширина луча", "пятно от луча на Земле"

Business TV — коммерческое ТВ
Brennpunkt (нем.) — фокус
C-band — полоса 3,6...4,2 ГГц
Cinch — двухконтактный разъем (для стерео — две пары) в звуковом канале. Применяется в немецкой и американской аппаратуре
Clone Card — карточка для просмотра кодированных ТВ программ
CNE — Chine News Europe — Китайские новости для Европы
Clarke-Belt (Orbit) — орбиты Кларка (амер. ученого)
CMT — **(Contry Music Television)** — музыкальная ТВ программа для фермеров
DBC — Direct Broadcasting Satellite (англ.)
Direktstrahler Satelliten (нем.) — непосредственное телевизионное вещание со спутника (рус. НТВ — СТВ)
Downlink — ССС — линия связи вниз (С — 3С)
DPLNB — Dual Polariser Low Noise Block (англ.)
DSR — Digitales Satelliten Radio — цифровое спутниковое радио
DX-er — радиолюбитель
D2 — **MAC** — версия MAC стандарта в широкоформатном кадре 16:9
EIRT — Effective Isotropic Radiated Power (англ.); Effective Lokale Smpfangsleisting (нем.); ЭИИМ (рус.) — эффективная изотропно-излучаемая мощность
E.m.s — Emplang mehrerer Satelliten (нем.)
EMS (англ.) — европейская мобильная система ESA
Eurocrypt — Версия D\D2 — MAC стандарт для платных ТВ программ. Широко распространена в скандинавских странах
EUTELSAT — европейская компания по СТВ, включая ИСЗ ASTRA
Entzerrung (нем.) — обратная связь по частоте, применяемая для уменьшения порога
FBAS Farb, Bild und Austast Signal (нем.) — Video-Composit-Signal (англ.) — сложный видеосигнал
F-Buchse — стандартный F-соединитель (разъем), используемый для подачи сигнала от МШУ блока на ресивер
F\D — отношение фокусного расстояния параболической антенны к диаметру зеркала
FDM — Frequency Division Multiplexing (рус. МДЧР)
Filmnet Niederlande Filmnet Belgien The Move Channel — программы, транслируемые в режиме с цифровым уплотнением аудио- и видеосигналов (TELE-SAT. — 1993. № 9. — С. 94, 95)
FSS-Band (полоса в Ku-диапазоне 10,7...12,75), используемая для ФСС
GPS — Global Positioning System — глобальная система связи
IBA — Independent Broadcasting Authority — независимая ТВ компания
Inderunit — внутренний блок
Interaktion — взаимодействие
Halbtransponder — транспондер с расширенной (72 МГц) полосой
Hi-Fi-Anlage (High Fidelity Anlage) — устройство с высококачественным воспроизведением звука
Ka-Band — частоты более 20 ГГц (линия вниз) и более 30 ГГц (линия вверх)
Ku-Band — полоса 10,7...12,75 ГГц; Ku_1 = 10,95... 11,7 ГГц; Ku_2 = 11,7...12 ГГц; Ku_3 = 12...12,75 ГГц
Konverter — внешний блок приемника СТВ, совмещенный с антенной
LCD (Liquid Crystal Display) — кристаллический дисплей (воспроизводящее устройство)
Letterbox — почтовый ящик
LNB (single LNB, Twin LNB & Dual LNB) — МШУ конвертеры (одиночный, сдвоенный)
LNB mit Doppler-Polariser — малошумящий блок (конвертер) СТВ с двойной поляризацией
MDR (Middle Deutsche Radio — средненемецкое радио

Multischalter (нем.) (синонимы Twin & Dual, LNB — входы) — два антенных входа в МШУ конвертер
MTV Europe — телевизионная среднеевропейская компания
Outdoor-Unit — наружный блок, включающий рефлектор антенны, облучатель и МШУ конвертер
OSD — On-Screen Display (англ.), Bildschirm Menu (нем.) — меню на экране телевизора
Pan & Scan — развертка ТВ изображения при передаче широкоформатных фильмов 2,35:1 и 16:9
Pay-per-View — платная картинка (изображение)
Pay-TV — платное ТВ
Piraten (Hacker) — поддельный декодер (карта)
Polarizer — поляризатор
Positioner — поляризатор — блок, предназначенный для дистанционного управления антенной с полярной подвеской, имеет встроенный микропроцессор
Prime Fokus — основной фокус
Prologic — 4-канальное звуковое вещание фирмы "Долби", используемое для передачи фильмов, спортивных состязаний через спутники и создающее объемное звучание
RGB (Red, Green, Blue) — декодер в системе PAL, работающий при непосредственном выводе трех цветов: красного, зеленого и синего
RTL — ТВ программа для детей и юношества (Голландия)
Rausheunterdruckungs-Verfahren — способы подавления помех в канале звука, позволяющие получить высококачественное звучание
Rechteck-Antenne (R-A) — прямоугольные (плоские) антенны, составленные из большого числа элементарных полуволновых полосковых вибраторов
S-Band — полоса 2,6 ГГц
Scart — 21-контактный разъем, принятый в Европе (см. T-Sat. — 1993. — № 9. — С. 110 — 111)
SCPC — Single Channel Per Carrier (англ.); Einzelkanel fur Jeden Trager (нем.) — один канал на несущей (рус. ОКН)
S-Vits — экранная графика для V- и H-поляризации
Skew — установка плоскости поляризации с помощью ферромагнитного поляризатора при перестройке антенны на прием с восточных спутников на западные
Smartcard — карточка для декодирования платных ТВ программ
SNG Mobile Satellite Gathering (англ.); Satellite-U-Wagen (нем.) — мобильная земная станция спутниковой связи
Sound-in-Sync — синхронизация звука при цифровой обработке
Sparkies — мерцание от помех при слабых сигналах
TV ASIA — телекомпания Азии
Threshold — пороговый сигнал
Twin-Receiver — сдвоенный МШУ конвертер
Tonimpulse — тональные импульсы (сигналы) частотой 400 Гц и 22 кГц, используемые для управления наружным блоком
Tonkanal — тональный (звуковой) сигнал (термин, используемый для характеристики моно- и стереозвукового вещания)
TV-Receiver Only (англ.) — собственно спутниковый приемник
Unterband (нем.) — спутник ASTRA, работающий во всей полосе Ku = 10,7...12,75 ГГц. Для приема его сигналов на более ранние установки надо поставить другой МШУ конвертер
VCR — Video Cassette Recoder (англ.); Videorecoder (нем.) — видеокассеты
VCR-Timer — таймеры, используемые для автоматического управления спутниковыми приемниками
Wegener (Panda) — вид шумоподавления, используемый при передаче звукового сопровождения на высокочастотных стереоподнесущих
Verschlusseling (нем.) — закрытые (закодированные) ТВ программы

VSWR — Voltage Standing Wade Radio — коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН)
Yagi — антенна — волновой канал (ст. назв. "Уда-Яги")

Аннотации некоторых программ ТВ

NBC Super Channal — американский канал, предлагающий зрителям новости со всего мира, бизнес-программы, документальные фильмы, в основном ориентированные на Европу
Eurosport освещает важнейшие европейские спортивные события — теннис, футбол, автомотогонки, атлетику, баскетбол, конный спорт и др.
EBN (Europen Business News) — европейские бизнес-новости, в программе сообщается текущий курс валют и акций на всех крупных биржах, а также информация о различных авиакампаниях, турагентствах и отелях
Euronews — канал, базирующийся во Франции, ежечасно информирует зрителей о событиях в мире
MTV (music TV) — популярный музыкальный канал, особенно в кабельной сети
MCM (Monte Carlo Music) — французский музыкальный канал
RTL — смесь различных развлечений: сериалы и драмы, американское шоу и качественно поставленные фильмы
RTL-2 — программы для детей (преимущественно мультфильмы)
ARTE — франко-германский канал, освещающий европейскую культурную жизнь (концерты и театральные постановки, классические и документальные фильмы)
TV5 — французский национальный канал, показывающий бельгийские, швейцарские и канадские программы, а также документальные и учебные программы
BBC World — канал, по которому каждый час сообщаются новости со всего мира, в том числе в сфере бизнеса, политики и финансов
Rai Uno — итальянская "программа для всех" — новости, фильмы, встречи с разными людьми
Deutsche Well — новости, сюжеты из жизни Германии, исторические программы
TM3 — немецкий журнал для женщин
Polonia 1 — польский частный канал, по которому передаются художественные фильмы, сериалы и мультфильмы
TV Polonia — передает польским зрителям новости, фильмы, детские и музыкальные программы, сериалы, а также новости культурной и политической жизни Польши
Polsat — польский информационно-развлекательный канал — музыкальные, коммерческие, детские программы, фильмы
MBC — передает арабские телепрограммы, в том числе новости, фильмы и ежедневное чтение Корана
TVE International — испанский канал, по которому передаются новости, фильмы, юмористические шоу, сериалы
TRT Avrasya — турецкая программа для эмигрантов. Передаются новости, фильмы, шоу, а вечерами — как правило, футбол.
CNN International передает полный спектр новостей: политические, экономические, финансовые, спорт, погоду, информацию о новых достижениях в науке, новости культуры
Travel Channal — канал для туристов и путешественников, представляющий сведения о различных уголках Земли
Euronews передает европейские новости
TV6 — канал, ориентированный на женщин (ASTRA и PAS-4)
Cartoon Network передает самые различные мультфильмы и игровые шоу для детей

П р и л о ж е н и е 4

Программы спутникового телевидения, принимаемые на территории стран СНГ, Монголии и Китая [17] и аннотации ТВ программ

Название спутника и координаты	Частота, ГГц	Поляризация	Звуковая поднесущая, МГц	Язык вещания	Прием в регионах	Стандарт ТВ
Intelsat 601 27,5° з.д.	11,175	H	7;02/7,20 S	Английский	Санкт-Петербург СПб	PAL
Intelsat 602 63° в.д.	11,002	V	6,80 M	Фарси	Вд НТ Вк	PAL
	11,137	H	6,60 M	Итальянский	Владикавказ	PAL
Intelsat 702 1° з.д.	11,016	H	6,60 M	Норвежский	НТ СПб	PAL
	11,017	H	6,60 M	Иврит	Вд Вк СПб	PAL
Eutelsat	11,163	V	6,65 M	Немецкий, английский, испанский	НТ Вд СПб 3 К	PAL
II–F1 13° в.д.	11,321	V	6,60 M	Французский	НТ Вд СПб 3 К	PAL
	11,387	H	6,65/7,20 M	Немецкий, английский, голландский	НТ Вд СПб 3 К	PAL
	11,471	V	6,65м/7,02/7,20 S	Польский	НТ Вд СПб 3 К	PAL
	11,554	H	6,65/7,02/7,20 M	Немецкий, английский	НТ СПб 3 К	PAL
	11,658	V	6,65M/7,02/7,20S		НТ СПб 3 К	PAL Video Crypt
	12,584	H	6,60 M	Европейские языки	НТ СПб	PAL
II–F2 10° в.д.	11,575	V	6,60/7,38 M	Английский	НТ Вк СПб К 3	PAL
	11,658	V	6,60M	Португальский	НТ Вд СПб К 3	PAL
II–F3 16° в.д.	11,575	V	6,50 M	Русский	НТ ВД Вк СПб К 3	PAL
	11,617	V	6,60/7,20 M	Польский	Вд ВК СПб 3 К	PAL
II–F4 7° в.д.	10,987	V		Русский, украинский	Вк СПб К 3	PAL
	11,178	H	6,60 M	Сербский	НТ Вд СПб К 3	PAL
Astra 1A 19,2° в.д.	11,421	H	6,50 M/7,02/7,20 S	Английский	СПб	PAL
	11,214	H	7,02/7,20 S	Немецкий	СПб	PAL
Arabsat 1C 31° в.д.	3,810	LZ	6,60 M	Французский	НТ Вд СПб	PAL
	3,829	RZ	6,65/7,74M	Английский	НТ Вд СПб	PAL
Горизонт 22	3,675	RZ	7,00 M	Русский	НТ Вд СПб	SECAM
(Gorizont) 40° в.д.	3,675	RZ	7,00 M	–"–	НТ СПб	PAL

Название спутника и координаты	Частота, ГГц	Поляризация	Звуковая поднесущая, МГц	Язык вещания	Прием в регионах	Стандарт ТВ
Горизонт 27 53° в.д.	3,675	RZ	7,00 M	Русский	НТ Вд СПб К З	SECAM
	11,525	RZ	6,60 M	–"–	НТ Вд СПб	PAL
Горизонт 24 80° в.д.	3,875	RZ	7,50 M	–"–	НТ Вд З К	PAL
Горизонт 28 90° в.д.	3,875	RZ	7,00 M	–"–	НТ Вд З К	SECAM
	3,934	RZ	7,00 M	–"–	НТ Вд З К	SECAM
Горизонт 19 96,5° в.д.	3,675	RZ	7,00 M	–"–	НТ З	SECAM
Горизонт 25 103° в.д.	3,675	RZ	7,00 M	–"–	НТ	SECAM
Gals 71° в.д.	11,770 11,841 11,846	RZ	7,60 M	–"–	Вд	SECAM
Горизонт 44 40° в.д.	3,675	RZ	7,00 M	–"–	НТ Вд СПб З К	SECAM
	3,924	RZ	6,60 M	Португальский	НТ СПб З	PAL
Panamsat–4 68,5° в.д.	3,784	H	6,80 M	Английский		PAL
	3,854	H	7,20 M	–"–	Вд НТ З К	PAL
	4,086	H	6,80 M	–"–	НТ Вд З К	PAL
	4,183	H	7,56/7,74 S	–"–	НТ Вд З К	PAL
Turksat 1B 42° в.д.	11,145	V	6,65 M	Турецкий	З	PAL
	11,175	H	6,65 M	–"–	Вк З К	PAL
Sirius 5,2° в.д.	11,785	RZ	6,50 M/7,02/7,20 S	Шведский, английский	СПб	PAL
	11,862	RZ	6,50 M 7,02/7,20 S	–"–	СПб	PAL
Экспресс 2 14° з.д.	4,075	RZ	7,00 M	Русский	Вд СПб	SECAM
	4,125	RZ	7,00 M	–"–	Вд СПб	SECAM
DFS Kopernikus 3 23,5° в.д.	11,575	V	6,50 M	–"–	НТ Вд Вк СПб	PAL
	11,617	V	6,60/7,20 M	Польский	Вд Вк СПб	PAL

Примечание. S – стерео, M – моно, сокращ. название городов России: НТ – Нижний Тагил, Вк – Владикавказ, СПб – Санкт-Петербург, Вд – Волгоград, З – Запорожье, К – Краснодар. Данные в табл. взяты из журнала Телеспутник 1996, 1, с.28–30; 2, с.30–35; 3, с. 32–37.

Приложение 5

Таблица для определения положения спутников

Спутник	Долгота, град	Диапазон	Угол места, град	Азимут, град
		Минск		
Hispasat 1	-31,00	Ku	9,39	243,69
Intelsat 601	-27,50	Ku,C	11,27	240,53
Стационар 8	-25,00	Ku,C	12,58	238,23
Intelsat 605	-24,50	Ku,C	12,84	237,77
Intelsat K	-21,50	Ku,C	14,37	234,95
TDF-1	-19,00	Ku	15,61	232,56
TDF-2	-19,00	Ku	15,61	232,56
Intelsat 515	-18,50	C	15,85	232,07
Экспресс 2	-14,00	Ku,C	17,98	227,63
Стационар 11	-11,00	Ku,C	19,32	224,59
Telecom II-A	-8,00	Ku,C	20,60	221,47
Telecom II-B	-5,00	Ku,C	21,80	218,29
Intelsat 702	-1,00	Ku,C	23,28	213,93
Thor	-1,00	Ku	23,28	213,93
Telecom 1-C	3,00	Ku,C	24,60	209,46
Eutelsat I F4	4,00	Ku	24,91	208,32
Tele-X	5,00	Ku	25,20	207,17
Eutelsat II F4	7,00	Ku	25,76	204,86
Eutelsat II F2	10,00	Ku	26,50	201,34
Eutelsat II F1	13,00	Ku	27,14	197,77
Eutelsat II F3	16,00	Ku	27,66	194,15
Astra 1A-1E	19,20	Ku	28,09	190,25
Eutelsat I F5	21,50	Ku	28,32	187,42
Arabsat 1C	31,00	S,C	28,48	175,67
Стационар 2	35,00	C	28,18	170,73
Стационар 12	40,00	Ku,C	27,50	164,64
Turksat 1B	42,00	Ku	27,14	162,23
Стационар 9	45,00	C	26,50	158,66
Стационар 24	49,00	C	25,48	153,98
Стационар 5	53,00	Ku,C	24,29	149,41
Intelsat 510	57,00	Ku,C	22,92	144,97
		Псков		
Intelsat 601	-27,50	Ku,C	8,34	241,05
Стационар 8	-25,00	Ku,C	9,52	238,73
Intelsat 605	-24,50	Ku,C	9,76	238,26
Intelsat K	-21,50	Ku,C	11,13	235,42
TDF-1	-19,00	Ku	12,25	233,02
TDF-2	-19,00	Ku	12,25	233,02
Intelsat 515	-18,50	C	12,47	232,53
Экспресс 2	-14,00	Ku,C	14,38	228,11
Стационар 11	-11,00	Ku,C	15,59	225,09
Telecom II-A	-8,00	Ku,C	16,74	222,03
Telecom II-B	-5,00	Ku,C	17,83	218,91
Intelsat 702	-1,00	Ku,C	19,17	214,66
Thor	-1,00	Ku	19,17	214,66
Telecom 1-C	3,00	Ku,C	20,38	210,32
Eutelsat I F4	4,00	Ku	20,65	209,22
Tele-X	5,00	Ku	20,92	208,12
Eutelsat II F4	7,00	Ku	21,44	205,89

Спутник	Долгота, град	Диапазон	Угол места, град	Азимут, град
Eutelsat II F2	10,00	Ku	22,13	202,52
Eutelsat II F1	13,00	Ku	22,74	199,10
Eutelsat II F3	16,00	Ku	23,24	195,64
Astra 1A-1E	19,20	Ku	23,68	191,92
Eutelsat I F5	21,50	Ku	23,91	189,23
Arabsat 1C	31,00	S,C	24,26	178,03
Стационар 2	35,00	C	24,08	173,31
Стационар 12	40,00	Ku,C	23,61	167,45
Turksat 1B	42,00	Ku	23,34	165,12
Стационар 9	45,00	C	22,85	161,66
Стационар 24	49,00	C	22,06	157,10
Стационар 5	53,00	Ku,C	21,10	152,61
Intelsat 510	57,00	Ku,C	19,99	148,22
		Санкт-Петербург		
Intelsat 601	-27,00	Ku,C	6,79	241,36
Стационар 8	-25,00	Ku,C	7,89	239,01
Intelsat 605	-24,50	Ku,C	8,11	238,54
Intelsat K	-21,50	Ku,C	9,40	235,69
TDF-1	-19,00	Ku	10,44	233,28
TDF-2	-19,00	Ku	10,44	233,28
Intelsat 515	-18,50	C	10,64	232,79
Экспресс 2	-14,00	Ku,C	12,43	228,37
Стационар 11	-11,00	Ku,C	13,56	225,37
Telecom II-A	-8,00	Ku,C	14,64	222,32
Telecom II-B	-5,00	Ku,C	15,66	219,23
Intelsat 702	-1,00	Ku,C	16,92	215,03
Thor	-1,00	Ku	16,92	215,03
Telecom 1-C	3,00	Ku,C	18,05	210,76
Eutelsat I F4	4,00	Ku	18,32	209,67
Tele-X	5,00	Ku	18,57	208,59
Eutelsat II F4	7,00	Ku	19,06	206,40
Eutelsat II F2	10,00	Ku	19,72	203,09
Eutelsat II F1	13,00	Ku	20,29	199,75
Eutelsat II F3	16,00	Ku	20,78	196,37
Astra 1A-1E	19,20	Ku	21,21	192,73
Eutelsat I F5	21,50	Ku	21,45	190,11
Arabsat 1C	31,00	S,C	21,86	179,17
Стационар 2	35,00	C	21,74	174,56
Стационар 12	40,00	Ku,C	21,36	168,82
Turksat 1B	42,00	Ku	21,13	166,54
Стационар 9	45,00	C	20,72	163,14
Стационар 24	49,00	C	20,03	158,64
Стационар 5	53,00	Ku,C	19,19	154,21
Intelsat 510	57,00	Ku,C	18,20	149,85
		Москва		
Intelsat K	-21,50	Ku,C	8,45	243,53
TDF-1	-19,00	Ku	9,74	241,27
TDF-2	-19,00	Ku	9,74	241,27
Intelsat 515	-18,50	C	10,00	240,81
Экспресс 2	-14,00	Ku,C	12,24	236,63
Стационар 11	-11,00	Ku,C	13,69	233,78
Telecom II-A	-8,00	Ku,C	15,09	230,87
Telecom II-B	-5,00	Ku,C	16,44	227,90

Спутник	Долгота, град	Диапазон	Угол места, град	Азимут, град
Intelsat 702	-1,00	Ku,C	18,14	223,85
Thor	-1,00	Ku	18,14	223,85
Telecom 1-C	3,00	Ku,C	19,73	219,69
Eutelsat I F4	4,00	Ku	20,11	218,63
Tele-X	5,00	Ku	20,48	217,56
Eutelsat II F4	7,00	Ku	21,19	215,41
Eutelsat II F2	10,00	Ku	22,19	212,13
Eutelsat II F1	13,00	Ku	23,11	208,79
Eutelsat II F3	16,00	Ku	23,94	205,39
Astra 1A-1E	19,20	Ku	24,71	201,70
Eutelsat I F5	21,50	Ku	25,20	199,02
Arabsat 1C	31,00	S,C	26,53	187,69
Стационар 2	35,00	C	26,75	182,85
Стационар 12	40,00	Ku,C	26,74	176,78
Turksat 1B	42,00	Ku	26,65	174,36
Стационар 9	45,00	C	26,41	170,74
Стационар 24	49,00	C	25,92	165,95
Стационар 5	53,00	Ku,C	25,23	161,22
Intelsat 510	57,00	Ku,C	24,36	156,56
		Таллинн		
Intelsat 601	-27,50	Ku,C	10,75	236,73
Стационар 8	-25,00	Ku,C	11,90	234,34
Intelsat 605	-24,50	Ku,C	12,12	233,86
Inrelsat K	-21,50	Ku,C	13,44	230,95
TDF-1	-19,00	Ku	14,51	228,49
TDF-2	-19,00	Ku	14,51	228,49
Intelsat 515	-18,50	C	14,72	227,99
Экспресс 2	-14,00	Ku,C	16,53	223,44
Стационар 11	-11,00	Ku,C	17,65	220,34
Telecom II-A	-8,00	Ku,C	18,72	217,19
Telecom II-B	-5,00	Ku,C	19,70	213,98
Intelsat 702	-1,00	Ku,C	20,90	209,61
TV SAT 2	-1,00	Ku	20,90	209,61
Telecom 1-C	3,00	Ku,C	21,95	205,16
Eutelsat I F4	4,00	Ku	22,19	204,03
Tele-X	5,00	Ku	22,42	202,90
Eutelsat II F4	7,00	Ku	22,84	200,62
Eutelsat II F2	10,00	Ku	23,40	197,17
Hot Bird	13,00	Ku	23,85	193,69
Eutelsat II F3	16,00	Ku	24,21	190,17
Astra 1A-1E	19,20	Ku	24,47	186,40
Eutelsat I F5	21,50	Ku	24,59	183,68
Arabsat 1C	31,00	S,C	24,40	172,42
Стационар 2	35,00	C	24,01	167,72
Стационар 12	40,00	Ku,C	23,26	161,90
Turksat 1B	42,00	Ku	22,88	159,61
Стационар 9	45,00	C	22,23	156,19
Стационар 24	49,00	C	21,23	151,71
Стационар 5	53,00	Ku,C	20,08	147,32
Intelsat 510	57,00	Ku,C	18,78	143,02
		Вильнюс		
Intelsat 601	-27,50	Ku,C	11,98	238,28
Стационар 8	-25,00	Ku,C	13,23	235,94

Спутник	Долгота, град	Диапазон	Угол места, град	Азимут, град
Intelsat 605	-24,50	Ku,C	13,48	235,47
Intelsat K	-21,50	Ku,C	14,94	232,60
TDF-1	-19,00	Ku	16,12	230,16
TDF-2	-19,00	Ku	16,12	230,16
Intelsat 515	-18,50	C	16,35	229,66
Экспресс 2	-14,00	Ku,C	18,37	225,15
Стационар 11	-11,00	Ku,C	19,63	222,06
Telecom II-A	-8,00	Ku,C	20,82	218,90
Telecom II-B	-5,00	Ku,C	21,93	215,67
Intelsat 702	-1,00	Ku,C	23,29	211,26
Thor	-1,00	Ku	23,29	211,26
Telecom 1-C	3,00	Ku,C	24,49	206,74
Eutelsat I F4	4,00	Ku	24,76	205,60
Tele-X	5,00	Ku	25,02	204,44
Eutelsat II F4	7,00	Ku	25,51	202,12
Eutelsat II F2	10,00	Ku	26,16	198,59
Eutelsat II F1	13,00	Ku	26,70	195,01
Eutelsat II F3	16,00	Ku	27,12	191,40
Astra 1A-1E	19,20	Ku	27,45	187,51
Eutelsat I F5	21,50	Ku	27,60	184,70
Arabsat 1C	31,00	S,C	27,49	173,06
Стационар 2	35,00	C	27,08	168,19
Стационар 12	40,00	Ku,C	26,29	162,20
Turksat 1B	42,00	Ku	25,88	159,83
Стационар 9	45,00	C	25,19	156,32
Стационар 24	49,00	C	24,10	151,73
Стационар 5	53,00	Ku,C	22,85	147,25
Intelsat 510	57,00	Ku,C	21,44	142,88
		Калининград		
Intelsat 603	-34,50	Ku,C	10,13	241,68
Intelsat 601	-27,50	Ku,C	13,70	235,19
Intelsat 605	-24,50	Ku,C	15,17	232,31
Intelsat K	-21,50	Ku,C	16,57	229,37
Intelsat 515	-18,50	C	17,93	226,37
Экспресс 2	-14,00	Ku,C	19,84	221,75
Горизонт 26	-11,00	Ku,C	21,03	218,58
Telecom II-A	-8,00	Ku,C	22,14	215,34
Telecom II-B	-5,00	Ku,C	23,16	212,04
Intelsat 702	-1,00	Ku,C	24,39	207,54
Thor	-1,0	Ku	24,39	207,54
TV Sat 2	-0,6	Ku	24,47	207,72
Telecom 1-C	3,00	Ku	25,45	202,93
Tele-X	5,00	Ku	25,91	200,58
Eutelsat II F4	7,00	Ku	26,33	198,22
Eutelsat II F2	10,00	Ku	26,85	194,63
Eutelsat II F1	13,00	Ku	27,27	191,01
Eutelsat II F3	16,00	Ku	27,57	187,36
Astra 1A-1E	19,20	Ku	27,76	183,44
Arabsat 1C	31,00	S,C	27,27	168,99
Горизонт 44	40,00	Ku,C	25,69	158,24
Turksat 1B	42,00	Ku	25,20	155,91
Горизонт 27	53,00	Ku,C	21,78	143,57
Intelsat 510	57,00	Ku	20,24	139,30

Спутник	Долгота, град	Диапазон	Угол места, град	Азимут, град
		Нижний Новгород		
Экспресс	-14,00	Ku,C	8,49	242,53
Горизонт 26	-11,00	Ku,C	9,99	239,78
Telecom II-A	-8,00	Ku,C	11,45	236,98
Telecom II-B	-5,00	Ku,C	12,87	234,13
Intelsat 702	-1,00	Ku,C	14,68	230,24
Thor	-1,00	Ku	14,68	230,24
TV Sat 2	-0,6	Ku	14,77	230,43
Telecom 1-C	3,00	Ku,C	16,41	226,26
Tele-X	5,00	Ku	17,24	224,23
Eutelsat II F4	7,00	Ku	18,03	222,17
Eutelsat II F2	10,00	Ku	19,17	219,03
Eutelsat II F1	13,00	Ku	20,24	215,84
Eutelsat II F3	16,00	Ku	21,23	212,58
Astra 1A-1E	19,20	Ku	22,19	209,05
Arabsat 1C	31,00	S,C	24,83	195,51
Горизонт 44	40,00	Ku,C	25,78	184,80
Turksat 1B	42,00	Ku	25,85	182,40
Горизонт 27	53,00	Ku,C	25,37	169,22
Intelsat 510	57,00	Ku	24,83	164,49
Intelsat 602	63,00	Ku	24,31	160,98
		Новгород		
Intelsat 601	-27,50	Ku,C	6,98	242,64
Intelsat 605	-24,50	Ku,C	8,37	239,86
Intelsat K	-21,50	Ku,C	9,73	237,03
TDF-1	-19,00	Ku	10,84	234,65
TDF-2	-19,00	Ku	10,84	234,65
Intelsat 515	-18,50	C	11,05	234,17
Экспресс 2	-14,00	Ku,C	12,96	229,78
Горизонт 26	-11,00	Ku,C	14,16	226,80
Telecom II-A	-8,00	Ku,C	15,31	223,77
Telecom II-B	-5,00	Ku,C	16,41	220,69
Intelsat 702	-1,00	Ku,C	17,76	216,50
Thor	-1,00	Ku	17,76	216,50
TV Sat 2	-0,6	Ku	17,85	216,68
Telecom 1-C	3,00	Ku,C	19,00	212,22
Tele-X	5,00	Ku	19,56	210,05
Eutelsat II F4	7,00	Ku	20,09	207,85
Eutelsat II F2	10,00	Ku	20,82	204,53
Eutelsat II F1	13,00	Ku	21,46	201,16
Eutelsat II F3	16,00	Ku	22,01	197,75
Astra 1A-1E	19,20	Ku	22,49	194,08
Arabsat 1C	31,00	S,C	23,31	180,35
Горизонт 44	40,00	Ku,C	22,89	169,85
Turksat 1B	42,00	Ku	22,67	167,53
Горизонт 27	53,00	Ku,C	20,73	155,03
Intelsat 510	57,00	Ku	19,73	150,61
		Рязань		
Intelsat K	-21,50	Ku,C	7,63	245,77
TDF-1	-19,00	Ku	8,97	243,55
TDF-2	-19,00	Ku	8,97	243,55
Intelsat 515	-18,50	C	9,24	243,10
Экспресс 2	-14,00	Ku,C	11,58	239,00

Спутник	Долгота, град	Диапазон	Угол места, град	Азимут, град
Горизонт 26	-11,00	Ku,C	13,10	236,20
Telecom II-A	-8,00	Ku,C	14,57	233,34
Telecom II-B	-5,00	Ku,C	16,00	230,42
Intelsat 702	-1,00	Ku,C	17,81	226,44
Thor	-1,00	Ku	17,81	226,44
TV Sat 2	-0,6	Ku	17,90	226,63
Telecom 1-C	3,00	Ku,C	19,52	222,34
Tele-X	5,00	Ku	20,32	220,24
Eutelsat II F4	7,00	Ku	21,10	218,12
Eutelsat II F2	10,00	Ku	22,19	214,87
Eutelsat II F1	13,00	Ku	23,20	211,56
Eutelsat II F3	16,00	Ku	24,13	208,19
Astra 1A-1E	19,20	Ku	25,00	204,52
Arabsat 1C	31,00	S,C	27,21	190,51
Горизонт 44	40,00	Ku,C	27,70	179,51
Turksat 1B	42,00	Ku	27,66	177,06
Горизонт 27	53,00	Ku,C	26,52	163,71
Intelsat 510	57,00	Ku	25,72	158,97
Intelsat 602	63,00	Ku	24,18	152,04
		Рига		
Intelsat 603	-34,50	Ku,C	8,09	242,97
Intelsat 601	-27,50	Ku,C	11,50	236,48
Intelsat 605	-24,50	Ku,C	12,90	233,62
Intelsat K	-21,50	Ku,C	14,26	230,70
TDF-1	-19,00	Ku	15,35	228,23
TDF-2	-19,00	Ku	15,35	228,23
Intelsat 515	-18,50	C	15,56	227,73
Экспресс 2	-14,00	Ku,C	17,41	223,17
Горизонт 26	-11,00	Ku,C	18,56	220,06
Telecom II-A	-8,00	Ku,C	19,64	216,89
Telecom II-B	-5,00	Ku,C	20,65	213,66
Intelsat 702	-1,00	Ku,C	21,87	209,26
Thor	-1,00	Ku	21,87	209,26
TV Sat 2	-0,6	Ku	21,95	209,44
Telecom 1-C	3,00	Ku,C	22,93	204,77
Tele-X	5,00	Ku	23,40	202,49
Eutelsat II F4	7,00	Ku	23,83	200,19
Eutelsat II F2	10,00	Ku	24,38	196,70
Eutelsat II F1	13,00	Ku	24,84	193,18
Eutelsat II F3	16,00	Ku	25,19	189,63
Astra 1A-1E	19,20	Ku	25,44	185,82
Arabsat 1C	31,00	S,C	25,29	171,70
Горизонт 44	40,00	Ku,C	24,05	161,11
Turksat 1B	42,00	Ku	23,64	158,80
Горизонт 27	53,00	Ku,C	20,69	146,47
Intelsat 510	57,00	Ku	19,33	142,18
		Самара		
Экспресс 2	-14,00	Ku,C	6,45	248,83
Горизонт 24	-11,00	Ku,C	8,14	246,23
Telecom II-A	-8,00	Ku,C	9,80	243,58
Telecom II-B	-5,00	Ku,C	11,44	240,89
Intelsat 702	-1,00	Ku,C	13,56	237,21
Thor	-1,00	Ku	13,56	237,21

Спутник	Долгота, град	Диапазон	Угол места, град	Азимут, град
TV Sat 2	-0,6	Ku	13,64	237,41
Telecom 1-C	3,00	Ku,C	15,61	233,43
Tele-X	5,00	Ku	16,60	231,49
Eutelsat II F4	7,00	Ku	17,57	229,53
Eutelsat II F2	10,00	Ku	18,97	226,52
Eutelsat II F1	13,00	Ku	20,31	223,45
Eutelsat II F3	16,00	Ku	21,57	220,30
Astra 1A-1E	19,20	Ku	22,84	216,87
Arabsat 1C	31,00	S,C	26,63	203,49
Горизонт 44	40,00	Ku,C	28,43	192,66
Turksat 1B	42,00	Ku	28,69	190,20
Горизонт 27	53,30	Ku,C	29,10	176,51
Intelsat 510	57,00	Ku	28,83	171,54
Intelsat 602	63,00	Ku	28,02	164,17
Intelsat 704	66,00	C	27,43	160,55

Примечание. Отрицательное значение долготы обозначает западную долготу; отрицательное значение широты — южную широту. K_u = 12 ГГц, С = 4 ГГц

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Регламент** радиосвязи. Т.1. — М.: Радио и связь, 1985. — 510 с.

2. **Кантор Л.Я., Минашин В.П., Тимофеев В.В.** Спутниковое вещание. — М.: Радио и связь, 1981. — 232 с.

3. **Локшин Б.А.** ТВ программы из космоса // Радио. — 1992. — № 8. — С. 2—4.

4. **Спутниковая** связь и вещание: Справочник / Под ред. Л.Я. Кантора. — 2-е изд. — М.: Радио и связь, 1988. — 344 с.

5. **Бэм Д.Ю., Ильиченко М.Е., Живков А.П., Гассанов Л.Г.** Прием телевидения и радиовещания со спутников. — Киев: Техника, 1992. — 176 с.

6. **Злотникова Е.А., Кантор Л.Я., Локшин Б.А.** Прием телевидения со спутников // Вестник связи. — 1990. — № 6. — С. 2—61.

7. **Сотников С.** Модульная индивидуальная приемная установка. Антенны // Радио. — 1990. — № 12. — С. 40—45; 1991. — № 1. — С. 40—42.

8. **Vidmar M.** Empfangsanlage fur TV-Satelliten. Teil I: Rauscharmer II GHz — Konveter // UKW — Berichte. — 1986.

9. **Ботвинов В.** УВЧ для аппаратуры СТВ 11 ГГц // Радио. — 1991. — № 7. — С. 40—43; Индивидуальная система приема СТВ // Радио. — 1992. — № 8. — С. 30—34; № 9. — С. 37—39; № 10. — С. 28—29.

10. **Гольцов А.** Тюнер для приема СТВ // Радио. — 1993. — № 4. — С. 10—13; № 5. — С. 5—7; № 6. — С. 6—10; № 7. — С. 8—11; № 11. — С. 11—13; № 12. — С. 8—10.

11. **Панченко Б.А., Нефедов Е.И.** Микрополосковые антенны. — М.: Радио и связь, 1986. — 144 с.

12. **Алыбин А.Г., Дмитриев Д.С.** Конвертер спутникового телевидения // Электросвязь. — 1993. — № 1. — С. 53—57.

13. **Телевидение**: Учебник для вузов / Под ред. П.В.Шмакова. — 4-е изд. — М.: Связь, 1979. — 432 с.

14. **Новаковский С.В., Котельников А.В.** Новые системы ТВ. Цифовое телевидение. — М.: Радио и связь, 1992. — 88 с.

15. **Радиолюбитель.** — 1993. — № 11. — С. 2—4.

16. **Варбанский А.М.** Спутник для ЗВ и ТВ вещания // Вестник связи. — 1994. — № 10.

17. **Телеспутник.** — 1990. — № 1—5.

18. **Левченко В.Н.** Спутниковое телевидение в вашем доме. — СПб: Полигон, 1997. — 272 с.

СОДЕРЖАНИЕ